

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL TRÁFICO DE PASAJEROS EN VUELOS  
DOMÉSTICOS DE LOS 5 AEROPUERTOS MÁS IMPORTANTES DE COLOMBIA

PROYECTO DE GRADO

ANDRÉS ALONSO MARTÍNEZ TORO  
200820980

UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
ESCUELA DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ECONOMÍA Y FINANZAS INTERNACIONALES  
CHÍA, CUNDINAMARCA  
OCTUBRE, 2013

PROYECTO DE GRADO

ANDRÉS ALONSO MARTÍNEZ TORO

200820980

Proyecto de grado para optar por el título de Economista con Énfasis en Finanzas  
Internacionales

Director de Tesis  
Daniel Gómez Abella  
Economista  
Docente

UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
ESCUELA DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ECONOMÍA Y FINANZAS INTERNACIONALES  
CHÍA, CUNDINAMARCA  
OCTUBRE, 2013

Agradecimientos:

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a Daniel Gómez Abella, quién fue mi director y asesor para la elaboración de este documento. A la vez agradezco a los señores Jefe del Grupo de Estudios Sectoriales de la Aeronáutica Civil Colombiana el señor Jorge Alonso Quintana Cristancho y al encargado en el Grupo de Estudios Sectoriales de la Aeronáutica Civil Colombiana, el señor Juan Carlos Torres Camargo; igualmente a la señora Gladys Ines Bustamante encargada en el Grupo de Vigilancia Aerocomercial de la Aeronáutica Civil Colombiana quienes estas tres últimas personas me otorgaron gran cantidad de información sobre datos históricos y actuales de la aviación comercial en Colombia, donde ayudaron al autor a elaborar el proyecto de grado. Por último, y no menos importante, agradezco enormemente a Dios y a mi familia para poder ayudarme a forjarme como economista en la Universidad de la Sabana y por regalarme todo su apoyo para culminar con éxito mis estudios profesionales.

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
3.1 Determinantes de la demanda de pasajeros aéreos.....	6
3.2 Estudios relacionados a pronósticos de la demanda de servicio aéreo.....	9
3.3 Tipos de modelos usados para estimar la demanda de tráfico de pasajeros aéreos.....	11
4. CIFRAS DEL TRANSPORTE AÉREO COMERCIAL EN COLOMBIA.....	14
5. LOS 5 PRINCIPALES AEROPUERTOS DE COLOMBIA.....	16
5.1 Aeropuerto Internacional El Dorado.....	16
5.2 Aeropuerto Internacional José María Córdova.....	17
5.3 Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón.....	18
5.4 Aeropuerto Internacional Rafael Núñez.....	19
5.5 Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz.....	20
6. CONDICIONES PRELIMINARES.....	22
7. DATOS.....	23
7.1 Variable Dependiente.....	23
7.2 Variables Independientes o Explicativas.....	23
8. MODELO.....	25
9. RESULTADOS.....	26
10. CONCLUSIONES.....	30
11. RECOMENDACIONES.....	31
12. REFERENCIAS.....	33
13. ANEXOS.....	37
13.1 Anexos No. 1: Pruebas Estadísticas.....	37
13.2 Anexos No. 2: Gráficos del Sector Aéreo Comercial.....	46

## **1. RESUMEN:**

En el presente documento se pretende estimar la demanda de pasajeros de vuelos nacionales de los 5 principales aeropuertos de Colombia: Aeropuerto Internacional El Dorado, Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla, Aeropuerto Internacional José María Córdova, Aeropuerto Internacional Rafael Núñez y Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz. Se procederá a utilizar la metodología de DATA PANEL, donde se reunirá la información de los 5 aeropuertos y observar en cuánto afectan las variables escogidas con sustento teórico, a la demanda de pasajeros de vuelos nacionales. Los datos tienen periodicidad anual y se encuentran en el periodo 2004-2012. Los resultados servirán para estimar el cambio del número de pasajeros que llegarán o viajarían desde a dichas terminales aéreas y proceder a cambios de infraestructura y seguridad si es necesario. Se pudo observar que el ingreso es el factor más determinante en la demanda, por encima de lo que podría costar una tarifa aérea.

## **ABSTRACT:**

The present document aims to estimate the demand of passengers on domestic flights from the 5 main airports of Colombia: International Airport El Dorado, International Airport Alfonso Bonilla, International Airport José María Cordova, International Airport Rafael Nuñez and International Airport Ernesto Cortissoz. It shall use the DATA PANEL methodology, where will include the data of each airport and where we can observe in how much some variables chosen with theoretical support, affect the demand of passengers on domestic flights. Data have periodicity annual and it is in the period 2004-2012. The results can be used to estimate the change on the number of passengers that could arrive or could fly from these airports and proceed with infrastructure and security changes if it is necessary. It could be observed that the income is the most important factor that affects the demand above what it might cost air fare.

**Palabras Clave:** pasajeros de vuelos nacionales, Data Panel, ingreso, precio de combustible, aeropuertos.

## 2. INTRODUCCIÓN:

Los aeropuertos son infraestructuras de primer nivel que generan un valor adicional muy alto para el área de influencia donde éste se encuentre, donde además, tienen un impacto socioeconómico directo a través de sus actividades intrínsecas, así como un impacto indirecto generado por las actividades logísticas en su zona de influencia.

Éste tipo de infraestructura son una de las más importantes del país. La importancia de los aeropuertos radica en que es el transporte aéreo el modo de desplazamiento más rápido para movilizar personas y/o carga cuando las distancias que deben recorrerse son muy amplias. El desarrollo de la industria aérea ha sido de vital importancia para el proceso de inserción de un país en el mercado mundial, y para aumentar la conectividad entre las ciudades del mismo país, que por distintas barreras geográficas, requieren largas jornadas de viaje terrestre para recorrer las distancias que las separan.

A medida que la población mundial vaya en aumento, más y más personas utilizarán el servicio de transporte aéreo, haciendo que las aerolíneas adquieran más aeronaves e incrementando su flujo de flotas aéreas por el mismo tramo y/o abriendo nuevas rutas, teniendo al final, un mayor movimiento de pasajeros cada año. Este incremento refleja cada vez más la necesidad de poder trasladarse de un punto a otro en el menor tiempo y costo posible, pero también nos advierte de algo, el aumento de tráfico de pasajeros en cada aeropuerto donde esto podría llegar a perjudicar al mismo aeropuerto y a toda la flota aérea.

Los aeropuertos están diseñados para soportar X cantidad de pasajeros y empleados, y si cada vez hay más aviones aterrizando y despegando, la capacidad de viajeros en cada aeropuerto, se limitará tanto que éste no dará abasto por el número de viajeros que llegan y salen. Es por esta razón que se debe hacer estimaciones de demanda sobre el tráfico de pasajeros de los aeropuertos para así poder tener información sobre cuáles variables afectan a dicho tráfico de un aeropuerto o de varios.

Los resultados de esta investigación pueden ser útiles para la planeación aeroportuaria porque permiten componer un modelo donde se pueda pronosticar el volumen del tráfico y de las operaciones del (los) aeropuerto(s). Los estudios de demanda para los aeropuertos se utilizan, por lo general, como instrumentos para la planeación aeroportuaria, ya que a través de ellos se puede pronosticar cómo será el comportamiento de la demanda en el corto, mediano y largo plazo, dependiendo de la técnica que se utilice.

Los pronósticos de tráfico de pasajeros son importantes ya que con la información obtenida se podrá saber en cuánto cambiará el movimiento de viajeros, y gracias a esto, se podrá aplicar los correspondientes cambios para un mejoramiento en el servicio; como por ejemplo, la misma infraestructura del aeropuerto, ya sea aumentar la sala de espera

pasajeros de vuelos nacionales y/o internacionales, baños, salas de mostradores de las aerolíneas, incrementar el número de espacio para estacionar los aviones, numero de pistas, etc.

Dado que el comportamiento de la demanda por transporte aéreo de Colombia ha cambiado significativamente durante la última década, es interesante estudiar qué variables de demanda la afectan y en cuánto. Es importante saber que en Colombia hay pocos estudios de este tipo de investigación, lo cual refleja la importancia y el interés de realizar un estudio de este tema que en otros países lo consideran de alta importancia.

En este artículo se concentrará en la estimación de las elasticidades de la demanda por servicios aéreos en los 5 principales aeropuertos del país, es decir, se estudiará cuales variables afectan y en cuánto al tráfico de pasajeros en los aeropuertos con mayor movimiento en vuelos nacionales. El énfasis principal del estudio es empírico, no teórico. Este estudio aspira a fundamentar las bases de una metodología empírica, sólida y bien fundada, que permita encontrar dichas variables.

### **3. REVISIÓN DE LA LITERATURA:**

#### **3.1 Determinantes de la demanda de pasajeros aéreos:**

Para Karlaftis (2008), la estimación está en el corazón del proceso de planificación y diseño de los aeropuertos. Terminales del aeropuerto, pistas de aterrizaje, instalaciones de almacenamiento de carga, aparcamientos, e incluso la red de carreteras hacia y desde el aeropuerto se basan en los pronósticos para el aeropuerto. Las previsiones de volumen de pasajeros se convierten a las necesidades de espacio para las instalaciones del edificio de la terminal, mientras que las previsiones de movimientos de aeronaves se convierten a la pista, calles de rodaje, y la necesidad de los sistemas de control de tráfico aéreo.

Para este tipo de estimaciones, se han hecho varios estudios donde se puede apreciar qué determina la demanda de viajeros aéreos. Benítez (2000) reúne y categoriza ciertos determinantes en 3 grupos, donde cada uno está compuesto de ciertas variables. El primer grupo es el “Factor Económico”. En este grupo sobre salen la Renta y los Precios. Para el caso de la renta, hay estudios que demuestran una fuerte relación entre la producción de un país y la demanda de transporte aéreo. A medida que crece el nivel de actividad económica de un país, se aumenta la demanda de viajes de negocios y, a través del crecimiento de la

renta personal, también crece la demanda de viajes por turismo. Al mismo tiempo, si hay una crisis económica, la demanda de viajes aéreos caerá.

Para el caso de los precios, se argumenta a través de la teoría clásica sobre oferta y demanda, si el precio sube, la demanda caerá, pero ha habido estudios que demuestran que las tarifas son casi inelásticas para el caso de los vuelos por negocio, es decir, este tipo de pasajero no le va importar mucho si el precio subió o bajó, para él, sus preferencias están más en la comodidad del vuelo y de poder llegar lo más pronto posible a su destino; pero cuando son de placer, es todo lo opuesto. Una persona que viaje por turismo, un cambio en el precio influirá mucho en la decisión de comprar o no el tiquete aéreo. (Straszheim, 1978).

Ha habido estudios que demuestran que la renta influye mucho más que en el precio. La Airbus Industrie, en 1993, hizo un estudio donde se estimó que un crecimiento del 1% del PNB implica una variación entre el 1 y el 2% de la demanda en servicios aéreos; mientras que un aumento del 1% de las tarifas afecta solo en una reducción entre el 0,5 y el 1% de la demanda.

El segundo grupo que Benítez propuso fue el de “Factores Estructurales”. En este grupo está compuesto por la: población, distancia, modos alternativos de transporte, y sistema de rutas establecido. La influencia del tamaño de la población es evidente, es decir, la población determina el tamaño del mercado y este influye en la demanda de transporte aéreo. Se pretende que a mayor población, mayor demanda por transporte aéreo va haber. Varios autores han intentado cuantificar dicha influencia, pero no ha habido un solo dato exacto (Fridström y Thune-Larsen, 1989; Fleming y Ghobrial, 1994; Rendaraju y Thamizh-Arasan, 1992).

Para el caso de la distancia, es evidente que entre mayor la distancia que se deba recorrer, la ventaja competitiva del transporte aéreo frente a otros medios de transporte será mayor, esto se debe ya que el medio aéreo será mayor demandado por el tiempo del viaje que por este medio, tiende a ser menor. En el aspecto de Modos de transporte alternativos, se refiere a otros medios de transporte que compiten con el servicio aéreo, Benítez hace referencia al uso del tren, que es especialmente usado en Europa. Con el tren se puede alcanzar también velocidades muy altas y haciendo que el tiempo de viaje sea cada vez menor. La ventaja que propone el autor del tren frente al avión es que el tren puede acceder a las áreas de oficina o de residencia con mayor facilidad que un avión, donde en ésta hay que acceder a un aeropuerto y seguro esperar prolongados períodos de espera mientras se realiza el embarque y el desembarque, y a la llegada a su destino habrán de emplear, probablemente, bastante tiempo en llegar al lugar deseado. El autor comenta que el tren sea un medio de transporte muy competitivo frente al avión en destinos por debajo de los 500 km.



Por último, en este grupo, los Tipos de Red. El autor hace referencia a las redes establecidas a partir de los sistemas de rutas diseñadas por las compañías aéreas, donde influyen en la demanda de tráfico aéreo. Es decir, si las aerolíneas tienen muchos vuelos que hagan escala hacia un mismo aeropuerto, donde este sea un “paso-obligatorio” en el viaje, el aeropuerto será un “aeropuerto-eje”. Entonces, los tipos de redes que Benítez se refiere es que si una aerolínea tiene muchos de sus viajes, donde sus pasajeros deban hacer como mínimo una escala durante el trayecto, esto podrá afectar a la demanda de servicio aéreo, donde el cliente va a preferir llegar de inmediato a su destino y no tener que esperar otro tiempo adicional para arribar. En Europa, se han realizado algunas estimaciones que atribuyen una disposición a pagar 21,5 dólares por evitar una hora de espera (Button, Haynes y Stough, 1998).

Phillips (1987), Fleming (1991) e Ivy (1993), estudiaron el caso de los llamados “aeropuertos-eje” en los Estados Unidos. Encontraron que cuando las aerolíneas adoptan este sistema de red, donde llevan a varios pasajeros a hacer escala en un mismo aeropuerto, eleva considerablemente la concentración de la demanda de transporte aéreo en este tipo de aeropuertos, teniendo mayor congestión por el gran tamaño de tráfico de pasajeros que se mueve, y donde incrementan los problemas por el poco espacio que le va quedando año tras año.

El último grupo que consideró Benítez fue la “Calidad de los Servicios”. Este grupo solo se refiere al tiempo medio que un pasajero espera para viajar. Si el tiempo disminuye, la calidad del servicio aumentará, a medida que el número de frecuencias sea mayor. Es decir, si un pasajero espera menos para viajar, el transporte de pasajeros será mayor, ya que la frecuencia de los viajes en un mismo avión aumentará.

Pollack (1982), Pickrell (1984) y Ghobrial (1993) encontraron una relación inversa entre el número de vuelos operados y el tamaño del avión. Argumentaban que la demanda de tráfico aéreo es más sensible a la frecuencia que al tamaño del avión. Hanlon (1996) utilizó dicha teoría para explicar el porqué de las aerolíneas (en la mayoría de ocasiones), que estén en una misma ruta determinada, optan por aumentar la frecuencia de vuelos, en vez de incurrir en otro tipo de estrategias (por ejemplo de reducción de tarifas), para contrarrestar la competencia.

Ba-Fail, Abed y Jasimuddin (2000), hicieron un estudio para ver qué determinantes afectaban en el servicio aéreo doméstico en Arabia Saudita. Sus variables se basaban en el Petróleo sobre Producto Interno Bruto, “no-petrolero” Privado sobre el PIB (Private Non-Oil Gross Domestic Product), el “no-petrolero” del Gobierno sobre el PIB (Government Non-Oil Gross Domestic Product), el “no-petróleo” total sobre el PIB (Total Non-Oil Gross Domestic Product), el PIB, IPC, PIB per cápita, Importación de bienes y servicios, la tasa de cambio con respecto al dólar, Gasto total, tamaño de la población, Gastos de consumo

privado, Gastos de consumo del gobierno, los gastos totales de consumo y la renta. Al hacer una regresión con estas variables, seguramente los autores iban a encontrar problemas de multicolinealidad, entonces decidieron componer estas variables en 4 grupos. El primer grupo se compuso del el “no-petróleo” total sobre el PIB, IPC, la Importación de bienes y servicios y el tamaño de la población. El segundo grupo estaba conformado por el IPC, PIB per cápita y la Importación de bienes y servicios. El tercer grupo estaba hecho por las variables IPC, Tamaño de la población y el Gasto Total. Por último, el cuarto grupo está compuesto por el PIC, Tamaño de la Población, y Gasto Total de consumo. Esta agrupación fue establecida usando un auto correlación matricial entre todas las variables.

### **3.2 Estudios relacionados a pronósticos de la demanda de servicio aéreo:**

Jacobson (1970) pronosticó la demanda en un aeropuerto específico. En su estudio consideró como variables independientes la tarifa promedio de todas las rutas del aeropuerto internacional de Baltimore, Maryland; y el ingreso total per cápita de su zona de influencia.

Un modelo similar es el de Haney (1975), quien analizó la demanda del aeropuerto de San Luis, en Estados Unidos, y elaboró un modelo típico de pronóstico de demanda de un aeropuerto específico, incluyendo como variables independientes los aspectos socios demográficos y económicos del área de influencia, y un indicador promedio de las tarifas. La variable dependiente era el tráfico anual; este era medido como el número de operaciones, y las independientes eran la población de la región, el empleo total, el ingreso per cápita y la tarifa promedio de los servicios del aeropuerto por milla.

La investigación de Thomet y Sultan (1979) pronosticaron los pasajeros por kilómetro-transportado del aeropuerto de Riyadh, que procedían y tenían como destino esta región. Las únicas variables explicativas eran las importaciones y exportaciones de petróleo. Zuñiga, Kanafani y Olivera (1980), hicieron un estudio sobre el aeropuerto de la Ciudad de México. El modelo pronosticaba el movimiento de pasajeros nacionales del aeropuerto, y se consideró como variables independientes la población de la Ciudad de México y el costo de transporte. También en ese mismo año, Mellman, Nelson y Pino se basaron en el aeropuerto de Boston como área de estudio, y relacionaron el número de viajes con las características socioeconómicas de la región.

Karlaftis, Zografos, Papastavrou y Charnes (1996), examinaron la habilidad predictiva y la precisión de los pronósticos de los modelos de viaje aéreo aplicados a los aeropuertos internacionales de Miami y Frankfurt. Tales modelos utilizan como variables dependientes

la información en series de tiempo de movimiento de pasajeros y el movimiento de aeronaves. Incluyen como variables independientes las características socioeconómicas, la tarifa del tiquete y los índices económicos.

Peña (2001), elaboró un estudio para el Departamento Nacional de Planeación (DNP). El estudio trataba de estimar qué tanto poder de mercado ejercían las aerolíneas colombianas sobre las rutas “round-trip” (ida y vuelta) entre Bogotá-Cartagena, Bogotá-Medellín, Bogotá-Cali y Bogotá-Barranquilla. La autora estimó la demanda de pasajeros para cada ruta y al igual, estimó su oferta, utilizando un análisis a través de una data panel. Por el lado de la demanda, se eligieron como variables explicativas: la tarifa promedio pagada por los usuarios para cada ruta, esta variable se construyó gracias a la información aportada por la Oficina de Planeación de Avianca. Se utilizó también el promedio entre el ingreso per cápita de la ciudad de origen y de destino, igualmente el estudio incorporó la media de las poblaciones de las ciudades de origen y destino para capturar el tamaño del mercado. Por último, se utilizó el precio de la gasolina corriente, para dar un proxy al costo de la tarifa de transporte por tierra.

Ibarra y Sotres (2005) propusieron un modelo para estimar la demanda de viajeros en el aeropuerto de Querétaro (México). Usaron como variables explicativas al las operaciones de aeronaves, que eran el total de despegues desde el aeropuerto Querétaro; también la variable pasajero-kilometro transportado, a la vez, se usó la tarifa aérea, la tarifa de medios competitivos (tales como tren, carro o barcos), velocidad del viaje (para aproximar el tiempo del viaje) y el índice de accidentes.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2005), determinó unos factores socioeconómicos donde determinaban y ayudaban a pronosticar la demanda de pasajeros y también de transporte de carga. Utilizaron solo factores socioeconómicos, tales como las tasas de crecimiento de la evolución histórica del PBI, las proyecciones del Marco Macro Económico Multianual 2005-2007 (MMM) del MEF, las proyecciones del PIB por departamento, para tres escenarios (pesimista, neutro y optimista) durante el periodo 2002-2020; y por último, las proyecciones del PBI.

El aeropuerto internacional de Dublín, hizo una estimación de la demanda de viajeros que fluctuaban por ese aeropuerto en el año 2006. Las variables que usaron fueron, como variable independiente: el movimiento de pasajeros tanto nacionales, como internacionales, para el año 2005, con periodicidad mensual. Como variables dependientes: el ingreso, el PIB de Irlanda, el precio de combustible, cambios demográficos y de población y factores como viajes por turismo.

Otero (2012) elaboró un estudio sobre los aeropuertos de la costa y Caribe colombiano, dónde describía y hacía énfasis en los aeropuertos de las ciudades de Cartagena,

Barranquilla Santa Marta, Montería, Riohacha, Sincelejo, Valledupar y San Andrés. Otero determinó que ciertas variables servirían para estimar la elasticidad de la demanda por servicios aéreos en los aeropuertos anteriormente dichos. Basándose en un modelo socioeconómico, escogió el flujo de pasajeros para cada aeropuerto como variable independiente, y como variables dependientes el PIB de la ciudad que correspondía el aeropuerto, la tarifa del combustible de avión y una variable dicótoma llamada turismo, donde esta última se usó para reunir la información de dichos aeropuertos que se encuentren en ciudades que se consideren turísticas (1 sí es turista, 0 si no). Los datos usados fueron anuales desde el 2003 hasta el 2010, donde se consideró el 2005 como año base.

La cooperativa de Agencia Nacional y de Infraestructura de Colombia, hizo una consultoría especializada en el 2012, para el Ministerio de transporte. Trataba sobre el estudio de viabilidad y la estructuración técnica, financiera y legal para entregar en concesión los aeropuertos del grupo aeroportuario sur occidente: El Edén (Armenia), Benito Salas Vargas (Neiva) y Guillermo León Valencia (Popayán). Se estudió y se pronosticó la demanda para los anteriores aeropuertos. Para la demanda de pasajeros nacionales, usaron medidas como el PIB y la variación porcentual de éste a nivel global y regional, expresado en miles de millones a precios corrientes con base 1995; el crecimiento de la población regional y nacional, con proyección hasta 2020; el crecimiento de exportaciones, interanual con la que se confeccionó serie temporal con base 1995; el IPC, con variación interanual, con la que se confeccionó serie temporal con base 1995; y el PIB per cápita regional y nacional, expresado en miles, a precios corrientes con base 1995.

### **3.3 Tipos de modelos usados para estimar la demanda de tráfico de pasajeros aéreos:**

Durante la historia de estimaciones de demanda por servicios aéreos, varios autores han propuesto, descrito y usado diversos tipos de modelos para realizar dichos estudios. Benítez (2000), explica 3 tipos de modelos.

- **EXTRAPOLACIÓN:** Este modelo se basa simplemente en cómo cambia la demanda a través del tiempo. Se quiere conocer en cuánto va a cambiar el flujo de pasajeros durante el tiempo, asumiendo que todo sea igual, que el tiempo sea el único factor dinámico. Es decir, la demanda de tráfico aéreo ( $D$ ) es solamente explicada por el paso del tiempo ( $t$ ), entonces, la función simple sería:  $D=f(t)$  .

La especificación explícita de la función sería lineal, es decir,  $D=a+bt$  . Si se

considera que la serie analizada va a progresar aritméticamente, o exponencial:

$$D = a(1+b)^t$$

; si se considera una progresión geométrica, según la razón  $b$ . Las

previsiones basadas en estos modelos requieren poco esfuerzo y se obtienen rápidamente. Pero al asumir que otros factores, como los socioeconómicos, no sean dinámicos y se supongan que sean estables, no lo hace parecer teóricamente consistente y tampoco que fuera adecuado para detectar los cambios de tendencia debido a modificaciones de variables que sí afectan directamente al tráfico aéreo. No es extraño, por tanto, que esta técnica pierda fiabilidad a medida que las previsiones sean más lejanas en el tiempo.

- **MÉTODOS CUALITATIVOS:** El segundo grupo de modelos para la previsión de la demanda que es tomado en cuenta son los Métodos cualitativos. Se utiliza información derivada a partir de las opiniones de expertos, donde éstas son casi inmediatas y con un coste relativamente reducido, y, en determinados casos, pueden proporcionar una información muy útil. La falencia de esto es que, tal y como lo dice Benítez (2000), este método posee algunas dosis de subjetividad y no permite definir los márgenes de error en los que se puede incurrir. Para resolver esto se utiliza el “Método Delphi”. Éste tipo de modelo trata de solucionar, en parte, los problemas anteriores a través de la discusión de un tema en cuestión entre expertos de diferentes disciplinas, los cuales deben llenar unos cuestionarios diseñados para ese fin hasta que logran un consenso. Otero (2012) menciona que para el caso de los aeropuertos, este método permite tener en cuenta algunas variables cualitativas que se dejan por fuera de los modelos de regresión.

Esta técnica se ha empleado frecuente por la Asociación Internacional del Transporte Aéreo (IATA por sus siglas en inglés) para realizar sus previsiones. Aunque esta técnica aun tenga niveles de subjetividad altos, se utiliza investigaciones de mercado, para conocer la reacción de los consumidores de determinados servicios aéreos a través, básicamente, de encuestas directas. Muchas aerolíneas las utilizan periódicamente. “Este método es muy útil cuando se dispone de una serie temporal suficiente sobre el tráfico o cuando se trata de estudiar la viabilidad de nuevas rutas potenciales.” (Benítez, 2000). El principal problema, es que a realizar dichas encuestas, resulta ser muy costosa, y tampoco garantiza unas previsiones infalibles.

- **MODELOS CAUSALES:** En esta tercera categoría, tenemos 2 tipos de modelos causales. El primero de ellos son los “Modelos de Regresión”, donde la demanda de tráfico ( $D$ ) depende de un conjunto de variables independientes ( $X_i$ ). Cuando se trata de especificar la lógica económica que determina la demanda, las  $X_i$  serían las

variables que se señalaron como determinantes del tráfico aéreo, ya mencionadas anteriormente. Cuando se especifica este tipo de modelo en una forma logarítmica,

$$\log D = a + b \log X_1 + c \log X_2 + \dots + n \log X_n$$

, los parámetros b, c, ..., n representan la elasticidad de  $X_1, X_2, \dots, X_n$  respecto a D. Esto me quiere decir, que, si lo vemos por el lado de elasticidades, en cuánto cambiará D si hay un aumento del 1% de b. Por lo tanto, este tipo de modelos resulta muy útil a realizar estudios sobre diferentes escenarios, como por ejemplo, el nuestro. Sin embargo, está muy condicionado por la disponibilidad de datos sobre las variables independientes. Se necesita que haya información sobre la evolución histórica de dichas variables. Muchas veces, no se pueden controlar o no se tienen. Por ejemplo, si se quiere hacer un estudio sobre el efecto que habría al implementarse una nueva ruta o un nuevo aeropuerto, resultaría casi imposible al no tener datos históricos.

Para resolver este problema en ese tipo de situaciones, se emplea otro tipo de modelo, “*Los Modelos Gravítales o Gravitacionales*”. Usualmente en econometría para explicar el efecto de alguna variable de alguna observación, llamémosle “PAIS,” sobre otro PAIS, se utiliza un modelo de distancia, donde la mayor o menor distancia puede influir más en el comportamiento de un país vecino. De hecho los modelos gravitacionales son usados básicamente en temas de flujo comercial entre países. Pero también pueden ser usados en paneles de datos para determinar el efecto de un modelo mezclando el efecto de la variable no sólo en un país si no también en los países vecinos.

El “Modelo gravitacional” más usado en la aviación es el siguiente:

$$T_{ij} = K \left( \frac{P_i P_j}{D_{ij}} \right)$$

: siendo  $T_{ij}$  el tráfico aéreo entre las ciudades i y j,  $D_{ij}$  la distancia geográfica que las separan; y  $P_i$  y  $P_j$  sus respectivas poblaciones. Dada la constante K, el tráfico entre dos ciudades dependería directamente de sus poblaciones e inversamente de la distancia. Doganis (1966) realizó un cambio a este típico modelo usado. Sustituyó los  $P_i$  y  $P_j$ , que eran los datos de la población de cada aeropuerto, por los referidos al nivel de tráfico en sus respectivos aeropuertos. El número de pasajeros registrados en cada aeropuerto representaría, mejor que el número de habitantes de cada ciudad, los niveles de los factores básicos que afectan a la demanda de servicios aéreos.

Ortiz (2000), hace referencia a los “*Modelos Socioeconómicos*”. Estos modelos buscan estimar la función de demanda de pasajeros de los aeropuertos por medio de la utilización de técnicas econométricas como los modelos de regresión lineal. Las variables

independientes son tales como el PIB, PNB, PIB per cápita, IPC, tasa de cambio, tarifa de gasolina, etc. Estos modelos no incluyen aspectos cualitativos del aeropuerto, dado que no se puede controlar por esas características.

La OACI menciona que los métodos más usados en la aviación son los “Modelos Socioeconómicos” y el “Método de Delphi”.

## **4. CIFRAS DEL TRANSPORTE AÉREO COMERCIAL EN COLOMBIA**

En Colombia, el transporte aéreo ha tenido mayor acogida a través del tiempo, donde los usuarios usan cada vez más este medio de transporte. Fue en el año del 2011 donde tuvo su mayor participación en el PIB, donde tasa de crecimiento va en aumento y siendo el más dinámico en el sector del transporte, pasando de tener una tasa de crecimiento en el 2004 del 3.5% al 7.8%.

Tal y como lo dice Olivera *et al.* (2011), el transporte aéreo colombiano ocupa un lugar importante en el mundo. Las cifras internacionales muestran que en el 2009, Colombia, en materia de tráfico de pasajeros, ocupó el puesto 38 dentro de 101 países. Comparado con países de la región, Colombia se ubicó en cuarto lugar con un 8% del total de pasajeros-kilómetros movilizadas, y con niveles cercanos a los registrados por Chile y por encima de Argentina. (Ver Anexo No. 2, Gráficos No. 5, 6, 7 y 8)

El movimiento de pasajeros por parte de los vuelos nacionales, ha venido en un incremento sustancial. En el 2004 se movilizaron un total de 18, 441,836 de pasajeros por el país, pasando por 22, 683,433 en el 2008, y finalmente en el 2012, se movilizaron en total 38, 672,245 de pasajeros por el país. El año que tuvo mayor variación fue el 2010, con un incremento del 30.12% frente al 2009. (Ver Anexo No. 2, Gráfico No. 9)

Las aerolíneas no se quedan atrás, donde finalmente son éstas las que movilizan a los pasajeros. Cada vez están transportando más y más pasajeros y con algunos cambios en su participación en el mercado, donde algunas pierden y otras ganan. Por ejemplo, Avianca, sigue siendo hoy en día, la aerolínea en Colombia con mayor número de pasajeros transportado, le sigue LAN Colombia y después Copa Airlines, pero ésta última aerolínea, perdió participación en el mercado entre el 2011 y el 2012. (Ver Anexo No. 2, Gráfico No. 10)

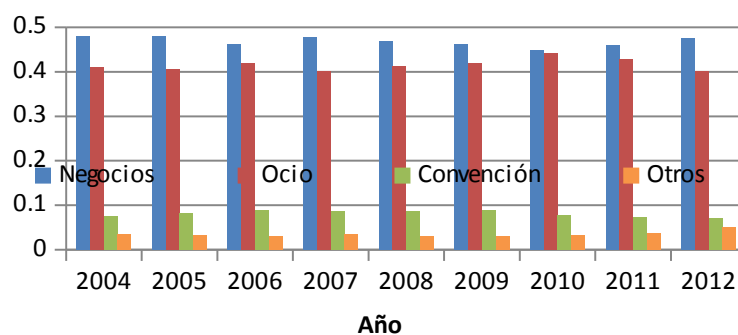
El transporte aéreo ha contribuido y ha aumentado la generación directa e indirecta de empleo. Para el 2006, se estimaba que la industria de transporte aéreo empleaba directamente a 19.200 personas, pero en la cadena total de producción se generaban

alrededor de 138.000 empleos en toda la economía. Adicionalmente, el trabajo por la industria aérea, al ser un trabajo especializado que requiere altos niveles de entrenamiento, es generalmente bien remunerado en comparación con los salarios promedio de la economía.

Al haber costos de mantenimiento y salarios altos, estos podrían perjudicar en las tarifas que cada una cobrase al pasajero. Es de suma importancia que, tanto aerolíneas como aeropuertos, vigilen el cambio de pasajeros por sus cambios de tarifas e impuestos aeroportuarios. Esto se debe a que incrementos muy altos en estas tasas pueden tener repercusiones negativas sobre la demanda. La IATA explica que si el costo de los tickets aéreos (incluyendo impuestos) aumenta un 10%, generará una caída del 11% en el número de pasajeros que van a ese destino.

La razón principal del motivo de viaje por parte de los colombianos, es por negocios, le sigue el ocio (turismo), siendo estas dos las principales razones de viaje; le sigue todo lo que tenga que ver por convenciones. El siguiente gráfico se obtuvo gracias a la Encuesta Mensual de Hoteles realizada por el DANE donde se puede apreciar por porcentajes, la razón del porqué las personas deciden trasladarse de un lugar a otro.

Gráfico No. 1  
Motivo del viaje



Fuente: Datos del DANE, cálculos y grafico realizado por el autor

## 5. LOS 5 PRINCIPALES AEROPUERTOS DE COLOMBIA:



Hoy en día, Colombia cuenta con 13 aeropuertos internacionales, 17 aeropuertos nacionales que están ubicados en ciudades intermedias con excepción del terminal Puente Aéreo de Bogotá y el Aeropuerto Olaya Herrera de Medellín y los aeropuertos regionales que sirven a pequeños y medianos municipios en zonas alejadas de los aeropuertos principales.

Entre estos, los aeropuertos que poseen mayor concentración de pasajeros son:

Tabla No. 1  
Los 5 Aeropuertos principales de Colombia con sus localizaciones

Nombre del Aeropuerto	Área de Referencia
Aeropuerto Internacional el Dorado (incluye a la Terminal No. 2, también conocida como Puente Aéreo)	Bogotá
Aeropuerto Internacional José María Córdova	Rionegro (sirve a Medellín)
Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón	Palmira (sirve a Cali)
Aeropuerto Internacional Rafael Núñez	Cartagena
Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz	Soledad (sirve a Barranquilla)

### **5.1      Aeropuerto Internacional el Dorado** (*código IATA: BOG, código OACI: SKBO*)

El Aeropuerto Internacional Eldorado es el principal y más importante aeropuerto de Colombia. Se encuentra localizado a 15 kilómetros al occidente del centro de Bogotá, en medio de las localidades de Fontibón y Engativá. Opera vuelos nacionales e internacionales. Ocupa un área aproximada de 690 hectáreas.

Es el aeropuerto con mayor volumen de carga de Latinoamérica y el tercero con mayor movimiento de pasajeros, estando sólo por detrás del Aeropuerto Internacional de Guarulhos de São Paulo, Brasil y del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en México.

El Aeropuerto Internacional Eldorado cuenta con cuatro terminales:

Terminal de vuelos nacionales, también llamada T1, cubre los vuelos desde y hacia el interior del país de todas las aerolíneas diferentes a Avianca, cuya construcción data de los años 50. Terminal de vuelos internacionales o T2, a la cual arriban y parten los vuelos desde y hacia el exterior del país de todas las aerolíneas operativas, a países de Europa, principalmente España, Francia y Alemania, y al resto del continente americano. Terminal Puente Aéreo, una terminal anexa que, desde su inauguración en 1981, atiende exclusivamente los vuelos de Avianca a nivel nacional. Por último, la Terminal de carga, inaugurada en 2010, atiende el mayor movimiento de carga aérea en Colombia y América Latina, el cual asciende a 637.153 toneladas en 2012.

En Enero 19 del 2007, la Aerocivil le concedió por medio de un contrato el consorcio del Aeropuerto Intl. El Dorado a la Sociedad Concesionaria Operadora Aeroportuaria Internacional S.A. (OPAIN S.A), hasta enero 19 del 2027. El valor estimado del contrato fue de \$ 1.062, 890, 000,000 Pesos Colombianos. Al Concesionario le fue otorgado la Administración, Modernización y Expansión, Operación, Explotación Comercial y Mantenimiento del Área Concesionada, por el tiempo de ejecución del Contrato.

Desde hace varios años, se ha venido presentando como un punto de “paso obligatorio” para varios pasajeros, que inclusive, viajan por dentro del país. Convirtiéndose así, un “aeropuerto-eje” para Colombia.

El movimiento de pasajeros nacionales de este aeropuerto, a representado en promedio, desde el 2004 hasta el 2012, el 40.12% del país. Solo en el 2011 hubo 14, 456,479 de personas que viajaron por el aeropuerto. Consolidándose así como el principal aeropuerto de Colombia. Si se mira la dinámica del flujo de pasajeros para el periodo 2004-2011, se tiene que en total de pasajeros que se movilizaron, ha aumentado en el tiempo de forma permanente. (Ver Anexo No. 2, Gráfico No. 11)

## **5.2 Aeropuerto Internacional José María Córdova (*código IATA: MDE, código OACI: SKRG*)**

El Aeropuerto Intl. José María Córdova, está ubicado en el municipio de Rionegro (Antioquia), el cual sirve a la ciudad de Medellín y a su área metropolitana. Este aeropuerto es el más importante en el departamento de Antioquia y, en términos de infraestructura, segundo después del Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá. Es el centro de operaciones de la aerolínea Viva Colombia y HUB secundario de Avianca. La pista del aeropuerto es utilizada también por la aledaña base militar de la Fuerza Aérea Colombiana situada en Rionegro, llamada Comando Aéreo de Combate N°5 (CACOM 5), allí arriban todo tipo de aeronaves militares y de la policía nacional.

En la actualidad, el aeropuerto es operado por un Contrato de Consorcio a nombre de la Sociedad Operadora de Aeropuertos de Centro Norte S.A. (OACN S.A), donde también tienen el consorcio de los aeropuertos de Medellín, Carepa, Quibdó, Corozal y Montería.

Sus rutas domésticas (ida y regreso) de mayor tráfico son (de mayor a menor): Bogotá, Cartagena, Cali, Barranquilla, Santa Marta y San Andrés. Se tiene programado los vuelos desde y hacia Leticia y Cúcuta próximamente realizados por Viva Colombia y Avianca respectivamente.

El aeropuerto representa casi el 9% del tráfico de pasajeros en el país, donde en términos de movimientos de pasajeros, lo convierten en tercer aeropuerto más importante de Colombia, detrás del Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón.

Su crecimiento, al igual que el Aeropuerto el Dorado, ha venido con una tendencia creciente, especialmente desde el 2009 y con un crecimiento en el 2012, esto debido a la entrada en Marzo del 2012 de la aerolínea de “bajo-costos” Viva Colombia. La aerocivil, espera, que al igual al Aeropuerto José María Córdova, el tráfico de pasajeros en el 2013, incremente en mayor medida gracias a dicha aerolínea. (Ver Anexo No. 2, Gráfico No. 12)

### **5.3 Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón** *(código IATA: CLO, código OACI: SKCL)*

El Aeropuerto Intl. Alfonso Bonilla Aragón, o también conocido como Aeropuerto Intl. de Palmaseca, está ubicado en el municipio de Palmira (Valle del Cauca), pero que sirve a la ciudad de Cali. Fue inaugurado en 1971 y es el segundo aeropuerto en movilidad de pasajeros y el tercero en movimiento de carga en Colombia,

Es operado por consorcio desde el 2 de septiembre del 2000 por la firma Aena Servicios Aeronáuticos S.A. donde termina su contrato el primero del mes de septiembre del año 2020. La firma se hizo cargo de la concesión del aeropuerto, para la remodelación, manejo y operación del aeropuerto por un periodo de 20 años. La empresa se comprometió originalmente a efectuar inversiones por 120 millones de dólares y pagar anualmente tres millones de dólares a la Aerocivil como contraprestación fija, además del 41.01% de los ingresos brutos que se obtuvieran anualmente por la operación. Además debería efectuar inversiones obligatorias de obras rezagadas de acuerdo al pliego licitatorio. Entre estas obras se encontraba la remodelación y reconstrucción del techo del aeropuerto, la reconstrucción de la plataforma y de los sistemas hidráulicos y eléctricos del terminal. Así mismo, tendría que construir un nuevo muelle internacional, el cual debería estar separado de los nacionales, construir un helipuerto y reordenar los locales comerciales que funcionaban en el terminal.

Su participación en promedio del movimiento de tráfico de pasajeros nacionales dentro del país, entre el 2004 y el 2012, es de 9.13% (0.14% más que el José María Córdoba). Su crecimiento de flujo de pasajeros nacionales, indudablemente fue entre el 2009 y el 2010, teniendo desde entonces, una tendencia creciente. (Ver Anexo No. 2, Gráfico No. 13)

#### **5.4 Aeropuerto Internacional Rafael Núñez (código IATA: CTG, código OACI: SKCG)**

El aeropuerto de la ciudad de Cartagena fue construida en 1947 por la empresa LANSA. A finales de los 50, Avianca adquirió las instalaciones y la administró hasta que la Empresa Colombiana de Aeródromos le compró el aeropuerto a Avianca y se lo entregó a la Aeronáutica para que lo administrara en 1986. Fue en ese año que el aeropuerto pasó a llamarse Aeropuerto Internacional Rafael Núñez, en honor al ex presidente cartagenero. En 1996, la aerocivil se la entregó por contrato de consorcio a la compañía Sociedad Aeroportuaria de la Costa S.A. (SACSA S.A.). El 25 de septiembre del 2011 se le finalizaba el contrato, pero la junta de la aerovicil le entregó una prórroga de 9 años. El contrato finalizaría el 3 de Marzo del 2020.

El aeropuerto es el más importante de la costa Caribe colombiana en cuanto a movimiento de pasajeros se refiere en la región, y es el cuarto aeropuerto con mayor movimiento de pasajeros dentro del país. Su participación promedio en el país se acerca al 5.8%, aunque su movimiento de carga nos están grande como el de los otros aeropuertos, su movimiento de pasajeros, especialmente en la región, es de suma importancia.

El 2007 fue el año más duro para el aeropuerto, donde hubo una disminución del 7.24%, a comparación del año pasado. Pero desde el 2008 viene con un crecimiento notorio, al principio fue lento, con apenas un incremento del 0.18% en el 2008 pero en el 2012, hubo 35.12% más de pasajeros que en el 2011. (Ver Anexo No. 2, Gráfico No. 14)

#### **5.5 Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz (código IATA: BAQ, código OACI: SKBQ)**

El aeropuerto Intl. Ernesto Cortissoz está ubicado en el municipio de Soledad (Atlántico), solo a 7 kilómetros de la capital del departamento: Barranquilla. Aunque originalmente, comenzó a operar desde 1979, su inauguración se vino a dar 3 años después.

El aeropuerto consta de dos terminales: el doméstico, al que corresponden los puentes desplegados para embarque comprendidos en las salas 6 a 13, y el internacional, al que corresponden los comprendidos entre las salas 1 a 5 y 5A. Funcionó como un hub internacional para la aerolínea Aires y como hub secundario para la aerolínea Avianca durante la alta temporada.

La empresa Aeropuertos del Caribe S. A. (ACSA), fue la concesionaria operadora de aeropuerto. ACSA fue constituida en el mes de Diciembre de 1996 y su actividad principal fue la administración y explotación económica del Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz. Entre el 4 de febrero del 1997 hasta el 27 de febrero del 2012, desde entonces, el aeropuerto a estado operado por la Aerocivil.

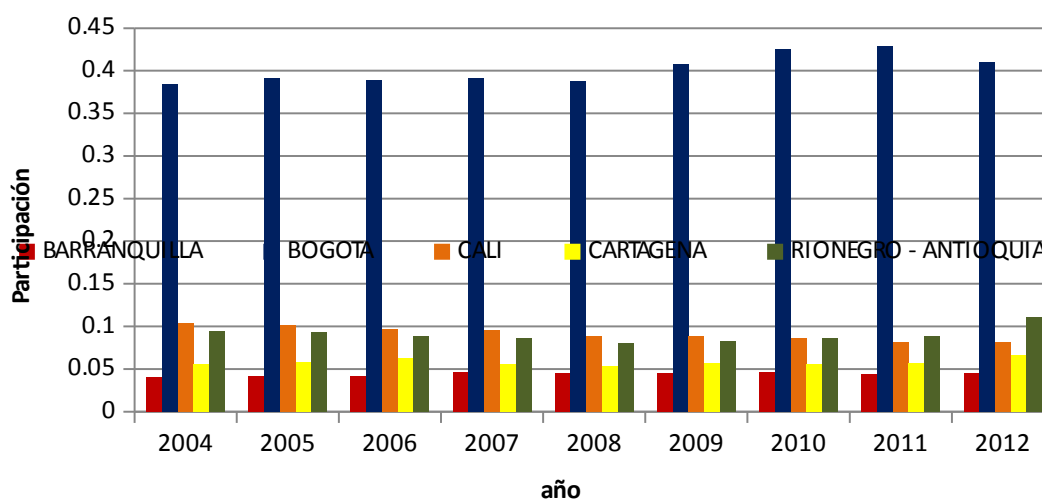
En julio de 2007, la Aeronáutica Civil otorgó al aeropuerto "cielos abiertos", es decir, que cualquier aerolínea del mundo puede volar a Barranquilla en cualquier equipo y con las frecuencias que considere necesarias. Esta medida se tomó en gran parte para fomentar el turismo y a Barranquilla como ciudad clave en el área del Caribe. Para 2015 se proyectó que fuera reemplazado por un mega-aeropuerto que serviría a Barranquilla y a Cartagena, cerca de la autopista Paralela al Mar, equidistante de las dos ciudades, pero el proyecto fue desechado en el 2010.

El aeropuerto es el quinto aeropuerto con mayor número de pasajeros transportados y es el aeropuerto con mayor movimiento de carga en la región Caribe. Su participación en tráfico nacional de pasajeros promedia un 4.39%, y mantiene un crecimiento constante durante los años, donde solo disminuyó su movimiento de tráfico en el 2011, en un 2.69% a comparación del 2010. (Ver Anexo No.2, Gráfico No. 15)

En los siguientes gráficos podemos ver el cambio anual de la participación de la demanda de pasajeros para cada uno de los 5 aeropuertos, además se podrá apreciar que en promedio, entre el 2004 y el 2012, estos aeropuertos mueven el 68% de los pasajeros dentro del país, es decir, de cada 100 personas que haya volado dentro del país, 68 de ellos han pasado al menos una vez por alguno de estos aeropuertos.

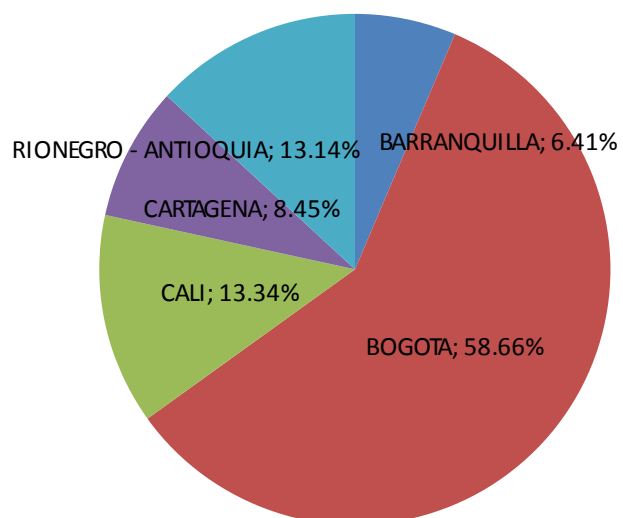
#### Gráfico No. 2

Participación de los 5 principales aeropuertos de Colombia con respecto a la demanda de pasajeros nacionales



Fuente: Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor.

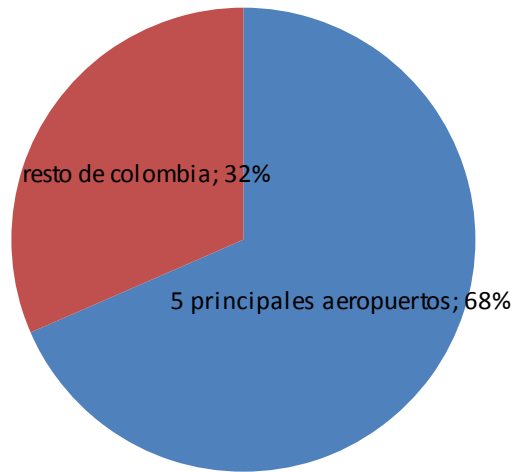
Gráfico No. 3  
Participación promedio de los 5 principales aeropuertos en el movimiento de pasajeros de vuelos nacionales en Colombia:



Fuente: Aerocivil. Datos anuales entre el 2004 y el 2012. Gráfico elaborado por el autor

Gráfico No. 4

Participación promedio de los 5 principales aeropuertos en el movimiento de pasajeros de vuelos nacionales con el resto de aeropuertos de Colombia



Fuente: Aerocivil. Datos anuales entre el 2004 y el 2012. Gráfico elaborado por el autor

## 6. CONSIDERACIONES PRELIMINARES:

El trabajo de investigación que se desarrollará a continuación se hará teniendo en cuenta el estudio realizado por Andrea Otero en Febrero del 2012, titulado “La Infraestructura aeroportuaria del Caribe colombiano”, teniendo en cuenta que desde el punto de vista del autor, es dicho trabajo el que más se acerca al objetivo que el investigador quiere alcanzar. A la vez, el investigador ha tenido en cuenta los trabajos anteriormente mencionados para consolidar el desarrollo de la presente investigación.

Las limitaciones del estudio se basan esencialmente en la obtención de datos. Lastimosamente en Colombia no se posee muchos datos históricos disponibles sobre la aviación y tampoco se puede contar con variables que no son públicos, como es el caso del precio del ticket por trayecto, donde básicamente, esta información es exclusiva de las aerolíneas. A la vez se posee problemas con información heterogénea y donde en el estudio se considera como homogénea. Por ejemplo, los datos tomados del número de pasajeros en vuelos nacionales, suponemos que todos son iguales, que todos tienen el mismo nivel de ingreso, que todos compraron el mismo ticket al mismo precio y sus preferencias son las mismas, donde obviamente esto no ocurre en la realidad. En un mismo vuelo podemos encontrar personas con diferencias pequeñas o grandes de ingreso, tickets adquiridos con diferentes precios y características, y sobre todo, personas con distintas preferencias; pero lastimosamente no se puede encontrar ninguna información que reúna lo dicho anteriormente.

## 7. DATOS:

En la siguiente sección se dará detalle sobre las variables que se usarán en el modelo.

Se tendrá los datos de cada variable para cada uno de los 5 aeropuertos a través del tiempo, entre el 2004 y el 2012. Los datos tienen periodicidad anual.

### 7.1 VARIABLE DEPENDIENTE:

- **Número total de pasajeros por cada aeropuerto:** Son el total de pasajeros que pasó (llegó y/o salió) por el aeropuerto. Este dato se obtuvo a través de los informes de la Aerocivil Colombiana.

### 7.2 VARIABLES INDEPENDIENTES O EXPLICATIVAS:

- **PIB CAPITAL:** Esta variable está basada principalmente por el trabajo de Otero (2012), pero igualmente se basa por lo propuesto por Ibarra y Sotres (2005) y Gómez Clark (2009), donde se le da gran importancia a las variables socioeconómicas para la estimación de demanda de pasajeros, y donde la literatura nos cuenta que la producción de un país, viene siendo la variable de control más importante y que ayuda a una mejor predicción a la demanda de servicios aéreos.

Esta variable se refiere al PIB a precios constantes (base 2005) de las capitales de cada departamento que se encontrara el aeropuerto, esto parte de la base de que las ciudades con mayor población tienen mayor PIB.

La variable se estimó calculando el porcentaje de la población de cada capital representada en la población departamental en determinado año y ese porcentaje se le aplica al PIB del departamento. Esto con base de las Estimaciones de Población 1985 - 2005 y Proyecciones de Población 2005 - 2020 del Total Municipal por Área y las Cuentas Departamentales elaboradas por el DANE.

- **PRECIOGAS:** Al no poseer información sobre los precios de los tiquetes aéreos en Colombia, se debe usar otro tipo de variables que hagan una aproximación a dicha variable. Lo que más afecta a los precios de los



tiquetes aéreos son los impuestos y en especial, el combustible para aviones o JET-A1, que es el combustible para aviones de turbinas a gas y el más utilizado en la actualidad. El valor se obtuvo a través de la información de series históricas que entrega Ecopetrol. Al igual que Otero (2012) se utilizó el precio por barril en pesos del 2005.

- **CIUDAD TURÍSTICA:** Esta es otra variable que se basa exclusivamente en el trabajo realizado en Otero (2012), donde la idea es capturar la información, de aquellos pasajeros que viajan por ocio, donde ciertamente viajan a ciudades que les atraiga por lo que les ofrece. Ya sea el mar, las playas, islas, piscinas, tierra caliente, historia, arqueología, ecoturismo etc. La variable va tomar forma de una variable dicótoma, donde se le dará el dígito de 1 a aquella ciudad que se considere turística: Cartagena; y 0 si no lo son. De esta manera, la variable estará capturando en el modelo aquella demanda ya creada que tienen esta ciudad por su condición geográfica que no son explicadas por factores socioeconómicos.

En adición a las variables consideradas por Otero (2012), se utilizarán 3 variables más que consideran importantes gracias a la literatura ya revisada.

- **CARGO POR COMBUSTIBLE:** Cuando el precio del petróleo alcanzó cifras históricas al alza, la Aeronáutica Civil de Colombia se vio en la necesidad de expedir la Resolución 3897 de 2005, con la cual el pasajero asume una parte de esa fluctuación económica del combustible, garantizándole a las aerolíneas un ingreso mínimo por cliente. El cargo comenzó a regir desde enero del 2007, empezando con un valor de \$32,000 pesos colombianos y llegando al valor de \$44,000 a final del año. A partir de julio de 2008, teniendo en cuenta el consumo de combustible por tipo de avión y la distancia recorrida, la Entidad determinó que en las rutas operadas con equipos Turbo y con distancias hasta de 200 kms. el cargo por combustible sería de \$20.000 menos que en las rutas operadas en equipo jet y mayores a 200 kms.

Pero dada la razón de que el pasajero asuma la fluctuación del precio del petróleo, y deba pagar más, las aerolíneas se dieron cuenta de una disminución de sus pasajeros, y donde no solo las aerolíneas obedecían a la problemática presentada por la disminución de sus clientes, sino también los hoteles comenzaron a tener pérdidas por igual razón, por ende, el gobierno nacional optó por la decisión de radicar el Cargo de Combustible que desde Abril del 2012 dejó de regir.

Fue por esta la decisión que se optó por elegir ésta variable como factor de la demanda de pasajeros. Se utiliza como un proxy a los tiquetes, además del precio de combustible ya comentada anteriormente.

La variable, será considerada como una variable dicótoma, dándole el valor de 1 a aquel año que rigió el cargo, y 0 para aquellos que no. Para el caso del año 2012, se decidió dejar el dato como 0, ya que solo el cargó rigió durante 3 meses, es por esta razón que se decide dejar como supuesto en el modelo que el cargo de combustible no rigió en el 2012.

- **AEROPUERTO-EJE:** Tal y como decía Benítez (2000), la importancia de que haya aeropuertos que funcionen como escalas obligatorias para los pasajeros, los convierten en centros de concentración masiva de pasajeros, aumentando así su número total de pasajeros que fluctúen por el puerto aéreo. Se decide, que en Colombia hay un “aeropuerto-eje”, el Aeropuerto Internacional El Dorado, de Bogotá, donde maneja en promedio el 40.16% de los pasajeros nacionales. La variable tomará forma de una variable dicótoma. Al aeropuerto se le dará un valor de 1 indicando que es un “aeropuerto-eje”, a los demás se les dará un valor de 0, indicando que no lo son. Se espera que si es “aeropuerto-eje”, el tráfico de pasajeros aumente.

## 8. MODELO:

El modelo será estimado a través de Datos Paneles utilizando la estimación de efectos fijos o variables para determinar cuál sería el mejor modelo..

La demanda se modelará de la siguiente forma:

$$\ln(P_{i,t}) = K + \beta_1 \ln PIBCAPITAL_{i,t} + \beta_2 \ln PRECIOGAS_{i,t} + \beta_3 TURISMO_i + \beta_4 CARGOCOMBUSTIBLE_{i,t} + \beta_5 A_{i,t} + U_{i,t} \quad (1)$$

$$U_{i,t} = v_i + w_{i,t}$$

Donde:

- $\ln(P_{i,t})$ : Logaritmo del Tráfico total de pasajeros del aeropuerto i en el año t.

- $\ln PIBCAPITAL$ : Logaritmo del PIB de las ciudades capitales en el año  $t$ .
- $\ln PRECIOGAS$ : logaritmo del precio de combustible JET-A1 en el año  $t$ .
- $TURISMO$ : 1 si la ciudad es turística. Caso contrario: 0
- $CARGOCOMBUSTIBLE$ : 1 si el año era regido por el cargo de combustible. Si no lo era: 0
- $AEROPUERTO EJE$ : 1 si el aeropuerto es considerado como “aeropuerto-eje”. Caso contrario: 0
- $K$ : Constante
- $U_{i,t}$  : Terminio de error
- $v_i$ : Para modelo por efectos fijos: término de error constante para cada individuo. Para modelo de efectos aleatorios: variable aleatoria.
- $w_{i,t}$  : término de error aleatorio para cada individuo
- $\beta_j$  : Coeficiente de la variable dependiente  $j$

## 9. RESULTADOS:

Dado que se tiene un conjunto de observaciones que varía en el espacio y tiempo, se realizaron 3 estimaciones que tienen en cuenta esta dinámica de los datos, donde utilizando pruebas estadísticas, se determinará cuál es el modelo más eficiente. Los 3 métodos fueron a través de: Mínimo Cuadrados Ordinarios (MCO), Efectos Fijos y Efectos Aleatorios. Se elaboraron cada uno de los modelos y se prosiguió con las pruebas estadísticas.

La primera fue el test de Breusch-Pagan, también denominado el Multiplicador de Lagrange<sup>1</sup>. Esta prueba nos indica cuál modelo es más eficiente entre un modelo MCO o de

---

<sup>1</sup> ¡Atención! Es importante no confundir con el test Breusch-Pagan de Heteroscedasticidad para la regresión MCO lineal.

efectos aleatorios. La hipótesis nula de la prueba es que la varianza a través de los individuos es igual a cero, es decir, el modelo MCO es más eficiente.

El resultado fue que el test nos mostraba que el modelo a través de MCO es más adecuado que el de Efectos aleatorios, es decir, no hay ninguna evidencia de que haya diferencias significativas entre los aeropuertos. (Ver Anexo No. 1, Tabla No. 4)

Después se intentó hacer una prueba para ver si los efectos fijos a través del tiempo son necesarios cuando se corre un modelo de Efectos Fijos. Se trata de una prueba de conjunto para ver si las variables dicotómicas de todos los años son iguales a 0, si lo son, entonces no se necesitaría un modelo a través de efectos fijos y el modelo MCO sería el más adecuado. Como la prueba rechazó la hipótesis nula, entonces, se obtiene que el mejor modelo sea a través de Efectos Fijos. (Ver Anexo No. 1, Tabla No. 5)

El siguiente paso es realizar el test de “Hausman”. El test propuesto por Hausman (1978) es un test chi cuadrado que determina si las diferencias son sistemáticas y significativas entre dos estimaciones. La hipótesis nula es que el modelo de Efectos Aleatorios es más eficiente. La prueba nos mostró que se rechazaba la hipótesis nula de no correlación entre el residuo y las variables explicativas y por lo tanto estaría indicando que tendríamos problemas al usar el método de efectos aleatorios. Entonces, se utilizará el modelo a través de Efectos Fijos. (Ver anexo No. 1, Tabla No. 6)

El resultado fue el siguiente:

Tabla No. 2

Modelo a través de Efectos Fijos						
Fixed-effects (within) regression			Number of obs	=	45	
Group variable: aeropuerto			Number of groups	=	5	
R-sq: within	=	0.8321	Obs per group: min	=	9	
between	=	0.9615	avg	=	9.0	
overall	=	0.8949	max	=	9	
corr(u_i, Xb) = -0.9945			F(3,37)	=	61.12	
			Prob > F	=	0.0000	
lnpasajeros	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnpib_capi~l	3.187801	.3348172	9.52	0.000	2.509397	3.866205
lnpreciogas	-.2369142	.104486	-2.27	0.029	-.448623	-.0252054
año_cargo~e	-.1619108	.0422912	-3.83	0.000	-.2476009	-.0762208
ciudad_tur~a	(omitted)					
aeropuerto~e	(omitted)					
_cons	-14.64633	2.625561	-5.58	0.000	-19.96622	-9.326433
sigma_u	2.5371747					
sigma_e	.1226604					
rho	.99766818	(fraction of variance due to u_i)				
F test that all u_i=0:			F(4, 37)	=	12.73	Prob > F = 0.0000

Antes de dar interpretación al resultado de los coeficientes, se deberá hacer ciertas pruebas requeridas. La primera hace referencia al test de Heteroscedasticidad. La prueba utilizada es el Test de Wald modificado para evaluar la heteroscedasticidad en modelos de Efectos Fijos. La hipótesis nula es que hay existencia de Homoscedasticidad, es decir, la varianza

de los errores es constante. La prueba concluyó que no se rechazaba la hipótesis nula, por ende, hay existencia de Homoscedasticidad dentro de los residuales. (Ver anexo No. 1, Tabla No. 7)

A la vez se realizó un test de Normalidad en los residuales donde la hipótesis nula es que hay evidencias de que existe normalidad en los residuales. La prueba no rechazó la hipótesis nula por ende se posee normalidad en los residuales. (Ver anexo No. 1, Tabla No. 8)

Entonces al proceder con ningún problema de heteroscedasticidad y de normalidad en los errores, se prosiguió con la siguiente prueba: Correlación serial. Para este modelo se aplicará el modelo de correlación serial de Wooldrige, donde su hipótesis nula es que no existe correlación serial. (Ver anexo No. 1, Tabla No. 9)

En la prueba se puede apreciar que se rechaza la hipótesis nula que no hay existencia de una correlación serial, es decir, se posee una correlación serial dentro del modelo. Para corregirla, se utilizó el aporte dado por los trabajos de Natasha Sarkisian; Oscar Torres-Reyna; y Aparacio y Márquez (2005), donde una manera de corregir el problema es a través

$\rho$ )

de un modelo de efectos fijos con término ( autorregresivo de grado 1 (AR1) que controla por la dependencia de  $t$  con respecto a  $t-1$ . El modelo AR1 con efectos fijos se especifica de la siguiente manera:

$$Y_{i,t} = K + B_j X_{ji,t} + e_{i,t} \quad (2)$$

Donde  $e_{i,t} = \rho v_{i,t-1} + w_{i,t}$ , es decir, los errores tienen una correlación de primer grado,  $\rho$ .

El resultado del modelo lo podemos apreciar en la tabla no. 7. A la estimación se le ha adicionado a la estimación, dos pruebas del estadístico modificado de Durbin-Watson (Bhargava et al.) y el Test de Baltagi-Wu, para poder observar si se corrigió el problema de autocorrelación. Como regla general, los valores por debajo de 1 significan que definitivamente se debería corregir la correlación serial. Los resultados obtenidos fueron mayores de 1, entonces se ha solucionado dicho problema y se puede proseguir al análisis de los resultados.

Tabla No. 3  
Resultado final con corrección de autocorrelación en modelo de Efectos Fijos

FE (within) regression with AR(1) disturbances		Number of obs	=	40
Group variable: aeropuerto		Number of groups	=	5
R-sq: within	= 0.5927	Obs per group: min	=	8
between	= 0.9590	avg	=	8.0
overall	= 0.8960	max	=	8
corr(u_i, Xb) = -0.9930		F(3,32)	=	15.52
		Prob > F	=	0.0000

lnpasajeros	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnpib_capi~1	2.65496	.4486762	5.92	0.000	1.741036	3.568883
lnpreciogas	-.1306195	.0789993	-1.65	0.108	-.2915357	.0302968
año_cargo~e	-.1374235	.0422171	-3.26	0.003	-.2234168	-.0514302
ciudad_tur~a	(omitted)					
aeropuerto~e	(omitted)					
_cons	-10.3113	1.926892	-5.35	0.000	-14.23625	-6.386353

rho_ar	.5491836					
sigma_u	1.9814793					
sigma_e	.11421706					
rho_fov	.99668837	(fraction of variance because of u_i)				

F test that all u_i=0:	F(4,32) =	8.51	Prob > F =	0.0001
modified Bhargava et al. Durbin-Watson	=	1.1632825		
Baltagi-Wu LBI	=	1.3807383		

Como se observa en la Tabla 3, por cada 1% que aumente el PIB de las ciudades capitales de los aeropuertos de estudio, la demanda por transporte aéreo aumentará en 2.65%, lo que indica que la demanda por transporte aéreo respecto al PIB es elástica. Es decir, las variaciones en el PIB de las capitales tienen repercusiones importantes sobre el tráfico de pasajeros desde y hacia los 5 aeropuertos más importantes de Colombia. Por su parte, el precio de la gasolina tiene un efecto negativo sobre la demanda como era de esperarse. De esta manera por cada 1% que aumenta el precio de la gasolina Jet A1, cae la demanda por transporte aéreo en 0.13% (proxy), es decir, la demanda es inelástica al cambio en el precio de la gasolina. Con respecto a si en el año hay un cargo adicional a la tarifa del tiquete, que en este caso es el “cargo por combustible”, la demanda es afectada negativamente aunque de manera inelástica, si en el año regía el cargo por combustible, la demanda caería aproximadamente un 0.14% con respecto a los años que no regía.

Lo anterior, de manera sencilla, indica que los viajeros responden de manera positiva a aumentos en la riqueza de las ciudades y por ende, hay un aumento el número de pasajeros. En el caso del precio de la gasolina, quiere decir que aunque los aumentos en el precio de la gasolina hacen que la demanda por transporte aéreo caiga, esa caída es muy pequeña; pasa lo mismo con el cargo de combustible, en los años que regía el cargo adicional, la caída de demanda por pasajeros aéreos nacionales fue muy pequeña.

Aunque el coeficiente de las variable “precio del combustible” no resultó significativo, se decidió dejar esta variable como determinante de la demanda de pasajeros ya que la misma teoría la respalda. El motivo que tal vez el resultado sea no significativo, es posible por la razón de que se toma datos heterogéneos y se consideran homogéneos. Es decir, en los

datos no se puede diferenciar quiénes viajaron por motivos de negocios o por ocio. Si viajaron por negocio, entonces no le darán mucha importancia si el precio del tiquete suba. Para el caso de las personas que viajaron por motivo de turismo, es todo lo contrario, como ya bien dicho anteriormente, estudios han encontrado que la elasticidad de la demanda, con respecto al precio para estas personas, es mucho mayor que para aquellas personas que viajan por negocios, es decir, su decisión de viajar por aire viene muy determinada por el precio del tiquete aéreo. Tampoco se considera quiénes viajaron por redimir puntos acumulados por sus viajes (también conocidos como millas o kilometrajes), donde redime sus puntos por un tiquete y lo normal es que se ahorren casi el 90% del precio del tiquete. Según el DANE, la mayoría de personas que viajan en el año, son aquellas que viajan por motivos de negocios. A la vez, no se considera aquellas personas que viajan con tiquetes ofrecidos gratuitamente por las mismas aerolíneas, por rifas, o por paquetes de las agencias de viaje. Todo esto es determinante en la estimación de la demanda de pasajeros, pero lastimosamente en Colombia no poseemos esa información y se debe considerar que tenemos pasajeros, bienes y servicios homogéneos.

En cuanto a las variables dicotómicas: “ciudad turística” y “aeropuerto eje”, el modelo de efectos fijos las elimina porque este efecto está incluido en el componente fijo del término de error.

## **10. CONCLUSIONES**

El transporte aéreo es el sector de transporte que mayor a tenido dinamismo en la última década. El movimiento de pasajeros por parte de los vuelos nacionales, ha venido en un incremento muy importante. Pasando por 18, 441,836 de pasajeros en el 2004 y llegando a tener 38, 672,245 pasajeros en el 2012. Pasó de una participación en el PIB de un 0.40% a un 0.47% entre el 2004-2012. Colombia, según la OACI, está ubicada en el cuarto puesto a nivel latinoamericano, en el porcentaje del total de pasajeros por kilometro transportado.

Dadas las perspectivas de crecimiento económico para el país y la región, se esperaría que la demanda por tráfico aéreo desde y hacia los aeropuertos de éste estudio, siga en aumento dada la elasticidad positiva que presenta la demanda respecto al PIB de las ciudades. Otra cuestión es que si el gobierno aplica un cargo mayor al tiquete aéreo, este tendrá un efecto negativo sobre el tráfico de pasajeros aéreos.

El trabajo tuvo como objetivo estimar la demanda de pasajeros nacionales de los 5 aeropuertos más importantes de Colombia, para así servir como base para una estimación

aeroportuaria, porque permiten componer un modelo donde se pueda pronosticar el volumen del tráfico y de las operaciones de los aeropuertos.

Debido a las restricciones de datos que existen para el caso colombiano, en el presente trabajo se realizaron dos simplificaciones restrictivas: que los pasajeros y las tarifas aéreas son homogéneas, es decir, no se toma en cuenta quienes viajan por turismo o por negocios, y tampoco sabemos quienes pagaron por una tarifa ejecutiva o económica, o viajaron redimiendo puntos o por otro modo. Esto implica que se está perdiendo parte de la riqueza del análisis.

Por lo tanto, los resultados y conclusiones a las que se llegó pueden tomarse como orientadores de las grandes tendencias del mercado, pero no como una descripción cierta de la demanda por el bien. Aunque las simplificaciones que se hacen limitan el alcance de los resultados, también sugieren cursos de acción para investigaciones posteriores.

Sin embargo, como el objetivo del trabajo es aplicar una metodología para identificar la demanda de pasajeros nacionales en los cinco aeropuertos más importantes del país, y haciendo un buen uso de los datos disponibles, las especificaciones son las mejores posibles y cumplen con el objetivo de capturar los rasgos más importantes del mercado. A medida que se mejore la calidad y desagregación de los datos, sería deseable modelar más de manera más realista el mercado, incluyendo las características de bienes diferenciados y heterogeneidad de consumidores.

## **11. RECOMENDACIONES:**

Para un análisis más detallado, se deberá tener mayor disponibilidad de datos que sea otorgado por las aerolíneas y por las empresas de buses que ofrezcan servicios intermunicipales para poder así tener un modelo que cubra mayor información en donde se pueda modelar variables que no se tuvieron en cuenta en este estudio, como el precio del tiquete aéreo por trayecto, el precio de tiquete de buses por trayecto y características de cada tiquete ofrecido; y poder ver así su efecto en el modelo.

Para caracterizar de manera inequívoca el mercado de transporte aéreo de pasajeros sería necesario modelar la demanda teniendo en cuenta la heterogeneidad de los consumidores (turistas y ejecutivos), con sus diferencias en elasticidad-precio y demás características. Adicionalmente, habría que realizar un análisis con bienes diferenciados<sup>2</sup>, dado que las

---

<sup>2</sup> Para ver un ejemplo de una adecuada manera de modelar el mercado de las aerolíneas teniendo en cuenta estas características ver Berry, Carnall y Spiller (1997). Ellos definen los productos como una combinación de aerolínea, tarifa e itinerario.



aerolíneas han optado por estrategias de mercado , como ofrecer un conjunto de “familia de tarifas” donde no solo ofrecen una tarifa única por vuelo, si no que ofrecen hasta 4 tipo distintos de tarifas para un solo pasajero en un mismo vuelo. Es muy normal encontrar en un solo vuelo, pasajeros que pagaron inclusive mucho más que otros.

Lo que determina el costo de la tarifa son sus restricciones y condiciones que vienen incluidas dentro de ella misma. Por ejemplo, si tomamos la aerolínea AVIANCA, esta ofrece 4 tipos de tarifas: Promocional, Económica, Flexible y Ejecutiva. La tarifa Promocional es la menos costosa, pero es la que mayor tiene condiciones y restricciones con respecto a las demás, como por ejemplo, no se puede cambiar la fecha del viaje, no se puede cambiar el nombre del pasajero, no puede ir en primera clase, etc. La tarifa Ejecutiva es la más costosa, pero es la que menos restricciones y condiciones tiene hacia el pasajero, y donde en esta sí se puede cambiar la fecha del vuelo, el nombre del pasajero, el pasajero por lo normal va en primera clase, etc.

También se debe evaluar que un vuelo pueden ir pasajeros que hayan redimido sus puntos (también conocidos como millas o kilometrajes) y donde inclusive, cambian sus puntos acumulados por un pasaje aéreo y solamente pagana el impuesto aeroportuario, en algunas veces, se ahorran el 90% del costo normal de un pasaje aéreo. También se debería incluir aquellas personas que se ganaron el pasaje por rifas, o por tiquetes ofrecidos gratuitamente por la misma aerolínea, o por aquellas personas que pagaron un paquete completo en las agencias de viaje, donde no solo vine incluido el costo de hospedaje, sino de los tiquetes aéreos.

Una recomendación para el gobierno colombiano, es que hoy en día, los aeropuertos no están en capacidad de soportar una cantidad limitada de pasajeros que fluctúan por estos establecimientos. Cada vez hay más y más viajeros y aviones, la necesidad de aumentar la capacidad de infraestructura de cada aeropuerto es de alta importancia. No solo se debe ampliar las salas de counter de las aerolíneas, las salas de espera para los viajeros o las zonas de embarque, la importancia de contar con buenas y suficientes pistas y vías de carreteo (taxi, en inglés) de los aviones en el aeropuerto, es de vital importancia.

Cada vez hay mayor número de aviones, esto aumenta la coestión de trafico no solo en el aire, sino en tierra, haciendo que un avión dure aproximadamente 20 minutos en poder despegar desde el momento que se embarcaron todos los pasajeros. Esto se debe a que si en aeropuertos que haya solo una pista, entonces los aviones deberán esperar sus turnos para poder despegar o aterrizar ya que puede que otro avión esté listo para hacer lo mismo o lo contrario.

## 12. REFERENCIAS:

1. Aeronautica Civil. *EL TRANSPORTE AEREO EN EL 2011*. 2012.
2. Aeronautica Civil. *Boletin Origen-Destino*. Diciembre de 2012.
3. Aeronautica Civil. *Informe estadístico preliminar accidentalidad aérea año 2012*. 21 de Enero de 2013.
4. Aeropuerto de Dublin. *Dublin Airport Passenger & Aircraft Movement Demand Forecast Report*. Documento. Dublin, Abril de 2005.
5. Aparicio, Javier, y Javier Marquez. *Diagnóstico y Especificación de Modelos Panel en Stata 8.0*. Octubre de 2005.
6. Ba-Fail, Abdullah O., Seraj Y. Abed, y Sajjad M. Jasimuddin. «THE DETERMINANTS OF DOMESTIC AIR TRAVEL DEMAND IN THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA.» *Air Transportation World Wide* 5, nº 2 (2000): 72-86.
7. Benítez Rochel, José J. «Factores determinantes de la demanda de transporte aéreo y modelos de previsión.» *ICE*, nº 2652 (Mayo 2000): 41-48.
8. Berry, Steven, Michael Carnall, y Pablo T. Spiller. *Airline Hubs: Costs, Markups and the Implications of Customer Heterogeneity*. Marzo de 1997.
9. Button, K., K. Haynes, y R. Stough. «Flying into the Future. Air Transport Policy in the European Union.» *Hestor*, 1999: 709-711.
10. Canada Transportation Act. *Vision and Balance*. Junio de 2001.
11. Chatfun Eng, Alan. *AIR CARGO FORECAST AT LOGAN, BOSTON ,MASSACHUSETTS THROUGH THE YEAR 2000*. Boston, Junio de 1980.
12. Cobacho Tornel, Maria Belen, y Mariano Bosch Mossi. *CONTRASTES DE HIPÓTESIS EN DATOS DE PANEL*.
13. Doganis, R. «Traffic Forecasting and the Gravity Model.» *Flight International*, nº 29 (Septiembre).
14. Fleming, D. K. «Competition in the Us Airline Industry.» *Transportation Quarterly*, nº 2 (1991): 181-210.
15. Fleming, D. K., y A. Ghobrial. «An Analysis of the Determinants of Regional Air Travel Demand.» *Transportation Planning and Technology*, nº 1 (1994): 37-44.

16. Fridström, L., y H. Thune-Larsen. «An Econometric Air Travel Demand Model for the Entire Conventional Network: The Case of Norway.» *Transportation*, nº 3 (1989): 231-233.
17. Ghobrial, A. «A Model to Estimate the Demand between US and Foreign Gateways.» *International Journal of Transport Economics*, nº 3 (1993): 217-283.
18. Gonzales, Aldo. *Estudio Sobre el Mercado Aéreo de Transporte de Pasajeros en Latinoamérica*.
19. Haney, D. *Review of Aviation Forecasting Methodology*. Washington.
20. Hanlon, P. *Global Airlines. Competition in a Transnational Industry*. Editado por Butterworth Heinemann. Oxford.
21. Hausman, J. A., y W. E. Taylor. «Panel data and unobservable individual.» *Econometrica*, nº 4 (1981): 1377-1398.
22. Ibarra Salazar, Jorge, y Lidia Sotres Cervantes. «Estimación de la demanda de viajes en el aeropuerto de Querétaro.» *Estudios Demograficos y Urbanos* 20 (2005): 495-532.
23. INECO. *Jornada sobre demanda de transporte aéreo*. 22 de Enero de 2009.
24. Ivy, R. L. «Variations in Hub service in the US Domestic Air Transport Industry.» *Journal of Transport Geography*, nº 4 (1993): 211-218.
25. Jacobson, I. D. *DEMAND MODELLING OF PASSENGER AIR TRAVEL*. analisis y extensión, University of Virginia, Charlottesville, Virginia: Research laboratories for the engineering sciences, 1978, 34.
26. Karlaftis, M., K. Zografos, J. Papastavrou, y J. Charnes. «Methodological Framework for Air-Travel Demand Forecasting.» *Journal of Transportation Engineering*, nº 2 (1996): 96-104.
27. Karlaftis, Matthew G. *DEMAND FORECASTING IN REGIONAL AIRPORTS: DYNAMIC TOBIT MODELS WITH GARCH ERRORS*. Atenas, 2008.
28. Ministerio de Transporte. *Transporte en cifras versión 2012*. 2012.
29. Ministerio de Transporte y Agencia Nacional de Infraestructura. *Estudio de Tráfico y Pronóstico de la Demanda*. 27 de Mayo de 2013.
30. Ministerio de Transportes y Comunicaciones/OGPP. *Plan Intermodal de Transportes del Perú*. Junio de 2005.

31. Montero Granados, Roberto. *Test de Hausman*. 22 de Septiembre de 2005.
32. Olivera, Mauricio, Pilar Cabrera, Wendy Bermúdez, y Adriana Hernández. *El Impacto del Transporte Aereo en la Economía Colombiana y las Políticas Públicas*. Abril de 2011.
33. Otero, Andrea. *La infraestructura aeroportuaria del Caribe colombiano*. Documento. Cartagena, Febrero de 2012.
34. Peña Parga, Ximena. *¿Qué tan poderosas son las aerolíneas colombianas? Estimación de poder de mercado en las rutas nacionales*. Bogotá, 21 de Agosto de 2001.
35. Philips, L. T. «Air Carrier Activity at Major Hub Airports and Changing Interline Practices in the United States' Airline Industry.» *Transportation Research*, nº 3 (1987): 215- 221.
36. Pickrell, D. H. «The Demand for Short-Haul Air Service.» En *Deregulation and the new airline entrepreneurs*, de J. R. Meyer. y Jr, C. V. Oster, 27-101. Cambridge Mass, 1984.
37. Pollack, M. «Airline Route-Frequency Planning: Some Design Trade-offs.» *Transportation Research A*, nº 2 (1982): 149-159.
38. Rendarajv, V. R., y V. Thamiz-Arasan. «Modelling for Air Travel Demand.» *Journal of Transportation Engineering*, nº 3 (1992): 371-380.
39. Roitman, Mauricio E. *Aplicación de Tecnicas de Datos Panel a la Medición de Eficiencia Relativa entre Empresas de Distribución electrica Reguladas: una guía para la práctica reghulatoria*. Documento. Buenos Aires, Agosto de 2005.
40. Sarkisian, Natasha. *SC706: Longitudinal Data Analyysis Panel Data Analsis: Fixed Effects Models*.
41. Strasheim, M. R. «Airline Demand Functions in the North Atlantic and their Pricing Implications.» *Journal of Transport Economics and Policy*, nº 2 (1978): 179-195.
42. Suryani, Erma, Shuo-Yan Chou, y Chih-Hsien Chen. «Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework.» *Elsevier*, 2010: 2324-2339.
43. Thomet, M., y s. Sultan. *Traffic Forecasting for the New Riyadh International Airport*. ICAO. Montreal, 1979.

44. Torres-Reyna, Oscar. *Panel Data Analysis Fixed & Random Effects (using Stata 10.x)*.
45. Zuñiga, S., A. Kanafani, y A. Olivera. «Forecasting Airport Traffic: Mexico City as a Case Study.» *Transportation Research Record*, nº 732 (1980): 24-29.

## 13. ANEXOS:

### 13.1 ANEXOS NO. 1: PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Tabla No. 4

#### Test del Multiplicador de LaGrange para efectos aleatorios

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

$\ln\text{pasajeros}[\text{aeropuerto}, t] = Xb + u[\text{aeropuerto}] + e[\text{aeropuerto}, t]$

Estimated results:

	Var	sd = sqrt(Var)
$\ln\text{pasajeros}$	.674137	.8210585
$e$	.0150456	.1226604
$u$	0	0

Test:  $\text{Var}(u) = 0$

chibar2(01) = 0.00  
Prob > chibar2 = 1.0000

Tabla No. 5

#### Test Efectos fijos vs MCO

Fixed-effects (within) regression				Number of obs	=	45
Group variable: aeropuerto				Number of groups	=	5
R-sq: within	=	0.9472		Obs per group: min	=	9
between	=	0.9615		avg	=	9.0
overall	=	0.9430		max	=	9
$\text{corr}(u_i, Xb) = 0.7483$				F(9,31)	=	61.79
				Prob > F	=	0.0000
	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
$\ln\text{preciogas}$	.6348817	.2524504	2.51	0.017	.1200057	1.149758
$\text{ciudad\_tur-a}$	(omitted)					
$\ln\text{pi0\_capi-l}$	.5475933	.7174122	0.76	0.451	-.9155786	2.010765
$\text{año\_carga\_e}$	-.0499762	.0726069	-0.69	0.496	-.1980589	.0981066
$\text{aeropuerto-e}$	(omitted)					
año						
2005	-.1711117	.0641492	-2.67	0.012	-.3019449	-.0402784
2006	-.284415	.0709771	-4.01	0.000	-.4291737	-.1396563
2007	-.269177	.0888584	-3.03	0.005	-.4504048	-.0879491
2008	-.5350334	.168646	-3.17	0.003	-.8789892	-.1910777
2009	(omitted)					
2010	.0876164	.070796	1.24	0.225	-.0567729	.2320058
2011	-.1427191	.1033936	-1.38	0.177	-.3535917	.0681535
2012	(omitted)					
_cons	3.996719	4.988252	0.80	0.429	-6.176889	14.17033
sigma_u	.30937441					
sigma_e	.07514436					
rho	.94429045					
				(fraction of variance due to $u_i$ )		
F test that all $u_i=0$ :				F(4, 31)	=	0.25
				Prob > F	=	0.9102

( 1) 2005.año = 0  
( 2) 2006.año = 0  
( 3) 2007.año = 0  
( 4) 2008.año = 0  
( 5) 2010.año = 0  
( 6) 2011.año = 0

F( 6, 31) = 11.26  
Prob > F = 0.0000

Tabla No. 6

#### Prueba de Hausman: E.F. vs E.A

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fix	(B) random		
lnpib_capi~1	3.187801	.8365142	2.351287	.3251859
lnpreciogas	-.2369142	.3545387	-.5914529	.0435228
año_cargo_~e	-.1619108	-.0665646	-.0953462	.

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg  
 Test: Ho: difference in coefficients not systematic  
 $\chi^2(3) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$   
 $= 52.28$   
 Prob>chi2 = 0.0000  
 (V\_b-V\_B is not positive definite)

Tabla No. 7  
Test de Wald Modificado

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity  
in fixed effect regression model

H0:  $\sigma(i)^2 = \sigma^2$  for all i

$\chi^2(5) = 4.76$   
 Prob>chi2 = 0.4464

Tabla No. 8  
Test de Normalidad en los Residuales

Test for normality of residuals

Variable	Skewness/Kurtosis tests for Normality				joint Prob>chi2
	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	
__00000B	45	0.0472	0.8146	4.15	0.1254

Tabla No. 9  
Prueba de autocorrelación de Wooldridge

Wooldridge test for autocorrelation in panel data  
H0: no first-order autocorrelation

$F(1, 4) = 200.393$   
 Prob > F = 0.0001

- **Prueba de Raíz Unitaria:**

Tabla No. 10  
Prueba de Levin, Lin, Chu (LLC): *Pasajeros anuales*

Unit root (common unit root process)  
 LNPASAJEROS  
 11/22/13 Time: 16:03  
 : 2004 2012  
 exogenous variables: Individual effects, individual linear trends  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0  
 West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel  
 (unbalanced) observations: 40  
 Equations included: 5

	Statistic	Prob.**
Lin & Chu t*	-2.46235	0.0069

Tabla No. 11  
 Prueba de Levin, Lin, Chu (LLC): *PIB capital*

LNPIB\_CAPITAL  
 11/22/13 Time: 16:05  
 : 2004 2012  
 exogenous variables: Individual effects  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0  
 West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel  
 (unbalanced) observations: 40  
 Equations included: 5

	Statistic	Prob.**
Lin & Chu t*	-2.15593	0.0155

Tabla No. 12  
 Prueba de Levin, Lin, Chu (LLC): *PrecioGas*

LNPRECIOGAS  
 11/22/13 Time: 16:06  
 : 2004 2012  
 exogenous variables: Individual effects  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0  
 West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel  
 (unbalanced) observations: 40  
 Equations included: 5

	Statistic	Prob.**
Lin & Chu t*	-4.46408	0.0000

Tabla No. 13  
 Prueba de Levin, Lin, Chu (LLC): *Año cargo combustible*

ANO\_CARGO\_COMBUSTIBLE  
 11/22/13 Time: 16:08  
 : 2004 2012  
 exogenous variables: None  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0  
 West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel  
 (unbalanced) observations: 40  
 Equations included: 5

	Statistic	Prob.**
Lin & Chu t*	-2.02496	0.0214



Tabla No. 14  
Prueba de Breitung: *Pasajeros anuales*

Source: Unit root (common unit root process),  
D(LNPASAJEROS)  
0/22/13 Time: 16:13  
: 2004 2012  
ous variables: Individual effects, individual linear trends  
tic selection of maximum lags  
tic lag length selection based on AIC: 0  
alanced) observations: 30  
ections included: 5

	Statistic	Prob.**
g t-stat	-2.95425	0.0016

Tabla No. 15  
Prueba de Breitung: *PIB capital*

Source: Unit root (common unit root process),  
LNPIB\_CAPITAL  
0/22/13 Time: 16:34  
: 2004 2012  
ous variables: Individual effects, individual linear trends  
tic selection of maximum lags  
tic lag length selection based on AIC: 1  
alanced) observations: 30  
ections included: 5

	Statistic	Prob.*
g t-stat	-1.53941	0.061

Tabla No. 15  
Prueba de Breitung: *Preciogas*

Source: Unit root (common unit root process),  
LNPRECIOGAS  
0/22/13 Time: 16:35  
: 2004 2012  
ous variables: Individual effects, individual linear trends  
tic selection of maximum lags  
tic lag length selection based on AIC: 0  
alanced) observations: 35  
ections included: 5

	Statistic	Prob.**
g t-stat	-3.27764	0.0005

Tabla No. 16

### Prueba de Breitung: *Año cargo combustible*

Breitung unit-root test for año_cargo_combustible		
Ho: Panels contain unit roots	Number of panels =	5
Ha: Panels are stationary	Number of periods =	9
AR parameter: Common	Asymptotics: T,N -> Infinity	
Panel means: Included	sequentially	
Time trend: Not included	Prewhitening: Not performed	
	Statistic	p-value
lambda	-1.8708	0.0307

Tabla No. 17

### Prueba de Im, Pesaran, Shin (IPS): *Pasajeros anuales*

Im, Pesaran and Shin unit root test (individual unit root process) D(LNPASAJEROS,2) 10/22/13 Time: 17:12 Sample: 2004 2012 Dependent variables: Individual effects Automatic selection of maximum lags Automatic lag length selection based on AIC: 0 (unbalanced) observations: 30 Sections included: 5		
	Statistic	Prob.***
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.95364	0.0016
Im, Pesaran and Shin t-bar	-3.56443	
Critical values ***:		
1% level	-3.56400	
5% level	-2.66400	
10% level	-2.32400	
Probabilities are computed assuming asymptotic normality		

Tabla No. 18

### Prueba de Im, Pesaran, Shin (IPS): *PIB capital*

Im, Pesaran and Shin unit root test (individual unit root process) D(LNPIB_CAPITAL) 10/22/13 Time: 17:13 Sample: 2004 2012 Dependent variables: Individual effects, individual linear trends Automatic selection of maximum lags Automatic lag length selection based on AIC: 1 (unbalanced) observations: 35 Sections included: 5		
	Statistic	Prob.
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.29836	0.016

Tabla No. 19

### Prueba de Im, Pesaran, Shin (IPS): *Preciogas*

D(LNPRECIOGAS)  
 10/22/13 Time: 17:17  
 2004 2012  
 10 variables: Individual effects  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0  
 10 (balanced) observations: 35  
 10 sections included: 5

	Statistic	Prob.*
Iran and Shin W-stat	-3.25024	0.0001
Iran and Shin t-bar	-3.60044	
Critical values ***:		
1% level	-3.33800	
5% level	-2.56800	
10% level	-2.26800	

Probabilities are computed assuming asymptotic normality  
 Critical values from original paper

Tabla No. 20  
 Prueba de Im, Pesaran, Shin (IPS): *Año cargo combustible*

D(ANO\_CARGO\_COMBUSTIBLE,2)  
 10/22/13 Time: 17:18  
 2004 2012  
 10 variables: Individual effects  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0  
 10 (balanced) observations: 30  
 10 sections included: 5

	Statistic	Prob.*
Iran and Shin W-stat	-1.80135	0.0351
Iran and Shin t-bar	-2.77746	
Critical values ***:		
1% level	-3.56400	
5% level	-2.66400	
10% level	-2.32400	

Probabilities are computed assuming asymptotic normality  
 Critical values from original paper

Tabla No. 20  
 Prueba de Fisher-ADF: *Pasajeros anuales*

Hypothesis: Unit root (individual unit root process)  
 D(LNPASAJEROS)  
 10/22/13 Time: 17:23  
 10: 2004 2012  
 10 variables: Individual effects  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on AIC: 0 to 1  
 10 Number of observations: 34  
 10 sections included: 5

	Statistic	Prob.**
Fisher Chi-square	16.7632	0.0798
Imhoi Z-stat	-1.86793	0.0309

Critical values for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi

Tabla No. 21  
 Prueba de Fisher-ADF: *PIB capital*

LNPIB\_CAPITAL  
 0/22/13 Time: 17:26  
 : 2004 2012  
 ous variables: Individual effects, individual linear trends  
 tic selection of maximum lags  
 tic lag length selection based on AIC: 1  
 alanced) observations: 35  
 ections included: 5

	Statistic	Prob.**
isher Chi-square	35.6879	0.0001
hoi Z-stat	-3.81222	0.0001

abilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi

Tabla No. 22  
 Prueba de Fisher-ADF: *Preciogas*

D(LNPRECIOGAS)  
 0/22/13 Time: 17:29  
 : 2004 2012  
 ous variables: Individual effects  
 tic selection of maximum lags  
 tic lag length selection based on AIC: 0  
 alanced) observations: 35  
 ections included: 5

	Statistic	Prob.**
isher Chi-square	32.3198	0.0004
hoi Z-stat	-3.92823	0.0000

abilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi

Tabla No. 23  
 Prueba de Fisher-ADF: *Año cargo combustible*

D(ANO\_CARGO\_COMBUSTIBLE)  
 /22/13 Time: 17:31  
 2004 2012  
 us variables: None  
 ic selection of maximum lags  
 ic lag length selection based on AIC: 0  
 lanced) observations: 35  
 ections included: 5

	Statistic	Prob.**
isher Chi-square	25.3301	0.0048
oi Z-stat	-3.15059	0.0008

ilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi

Tabla No. 25  
 Prueba de Fisher-PP: *Pasajeros anuales*

tests: Unit root (individual unit root process)  
 D(LNPASAJEROS)  
 1/22/13 Time: 17:32  
 : 2004 2012  
 us variables: Individual effects  
 West automatic bandwidth selection and Bartlett ke...  
 alanced) observations: 35  
 ections included: 5

	Statistic	Prob.**
her Chi-square	26.5742	0.0030
oi Z-stat	-2.75443	0.0029

abilities for Fisher tests are computed using an  
 mptotic Chi-square distribution. All other tests

Tabla No. 26  
 Prueba de Fisher-PP: *PIB capital*

tests: Unit root (individual unit root process)  
 D(LNPIB\_CAPITAL,2)  
 0/22/13 Time: 17:34  
 a: 2004 2012  
 ious variables: None  
 -West automatic bandwidth selection and Bartlett ke...  
 alanced) observations: 30  
 ections included: 5

	Statistic	Prob.**
sher Chi-square	40.4036	0.0000
ioi Z-stat	-4.65792	0.0000

abilities for Fisher tests are computed using an  
 mptotic Chi-square distribution. All other tests

Tabla No. 27  
 Prueba de Fisher-PP: *Preciogas*

tests: Unit root (individual unit root process)  
 LNPRECIOGAS  
 1/22/13 Time: 17:39  
 : 2004 2012  
 us variables: Individual effects  
 West automatic bandwidth selection and Bartlett ke...  
 alanced) observations: 40  
 ections included: 5

	Statistic	Prob.**
her Chi-square	18.9323	0.0411
oi Z-stat	-2.31193	0.0104

abilities for Fisher tests are computed using an  
 mptotic Chi-square distribution. All other tests

Tabla No. 28  
 Prueba de Fisher-PP: *Año cargo combustible*

tests: Unit root (individual unit root process)  
 )(ANO\_CARGO\_COMBUSTIBLE)  
 22/13 Time: 17:40  
 2004 2012  
 is variables: None  
 test automatic bandwidth selection and Bartlett ke...  
 anced) observations: 35  
 ctions included: 5

	Statistic	Prob.**
er Chi-square	25.3301	0.0048
i Z-stat	-3.15059	0.0008

ilities for Fisher tests are computed using an  
 ptotic Chi-square distribution. All other tests  
 as asymptotic normality.

Tabla No. 29  
 Prueba de Harris-Tzavalis: *Preciogas*

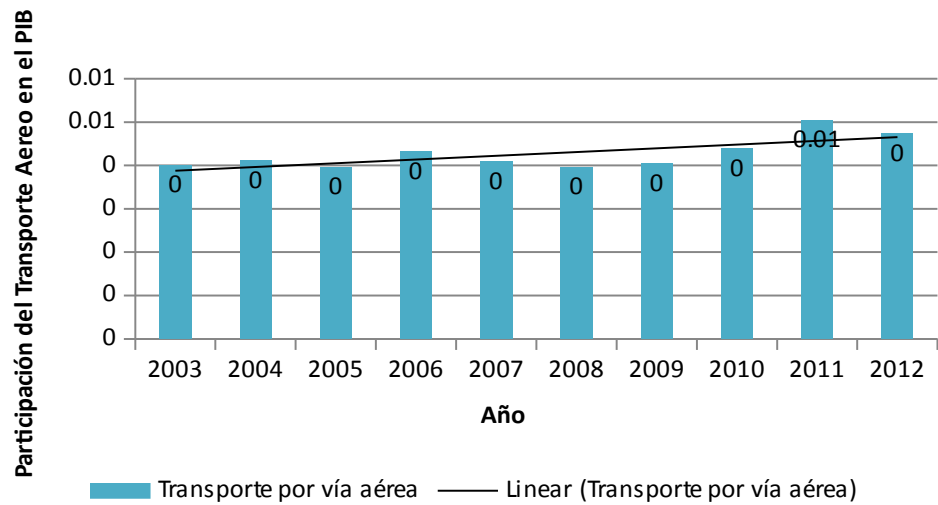
Harris-Tzavalis unit-root test for lnpreciogas			
Ho: Panels contain unit roots	Number of panels = 5		
Ha: Panels are stationary	Number of periods = 9		
AR parameter: Common	Asymptotics: N -> Infinity		
Panel means: Included	T Fixed		
Time trend: Not included			
	Statistic	z	p-value
rho	0.3389	-2.6762	0.0037

Tabla No. 30  
 Prueba de Harris-Tzavalis: *Año cargo combustible*

Harris-Tzavalis unit-root test for año_cargo_combustible			
Ho: Panels contain unit roots	Number of panels = 5		
Ha: Panels are stationary	Number of periods = 9		
AR parameter: Common	Asymptotics: N -> Infinity		
Panel means: Included	T Fixed		
Time trend: Not included			
	Statistic	z	p-value
rho	0.4667	-1.7291	0.0419

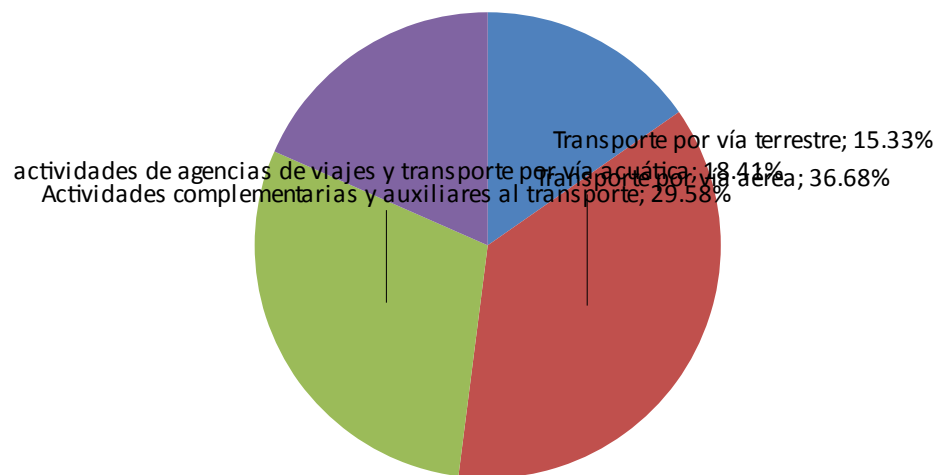
## 13.2 Anexo No. 2: Gráficos del sector aéreo comercial

Gráfica No. 5  
 Participación del Transporte Aéreo en el PIB



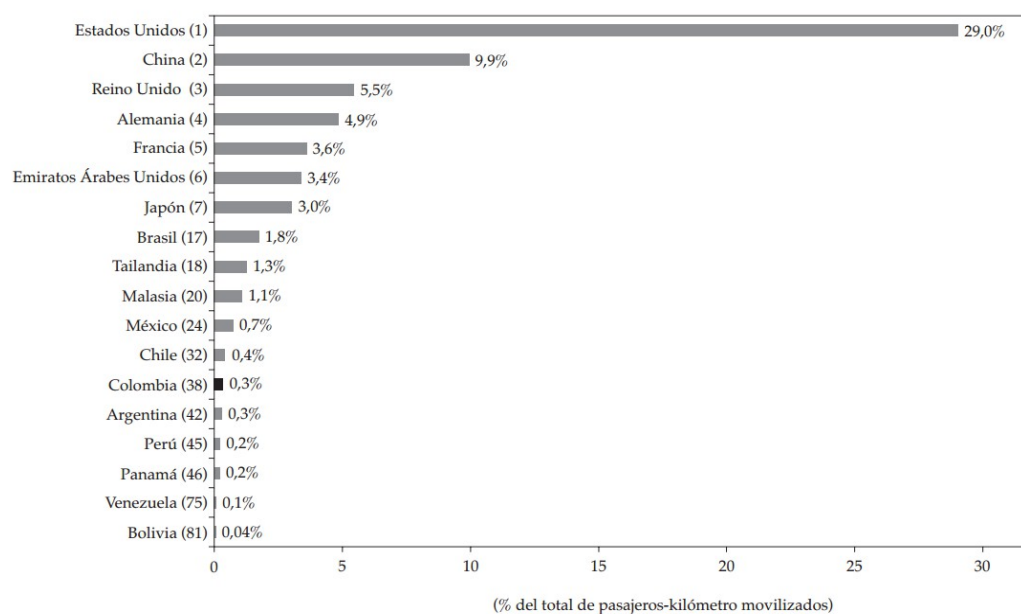
Fuente: Datos del DANE-cálculos elaboración propia

Gráfica No. 6  
Variación Anual (2012)



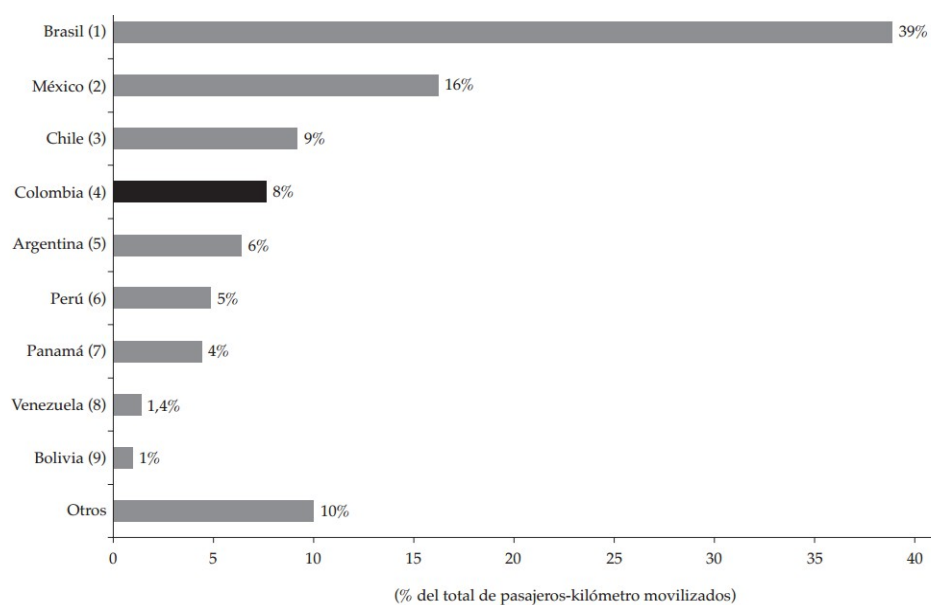
Fuente: Datos del DANE

Gráfico No. 7  
Distribución del tráfico aéreo mundial de pasajeros - kilómetro, 2009



Fuente: Cálculos Fedesarrollo con base en datos de la Organización de Aviación Civil Internacional - OACI. Grafico de Olivera *et al.* (2011)

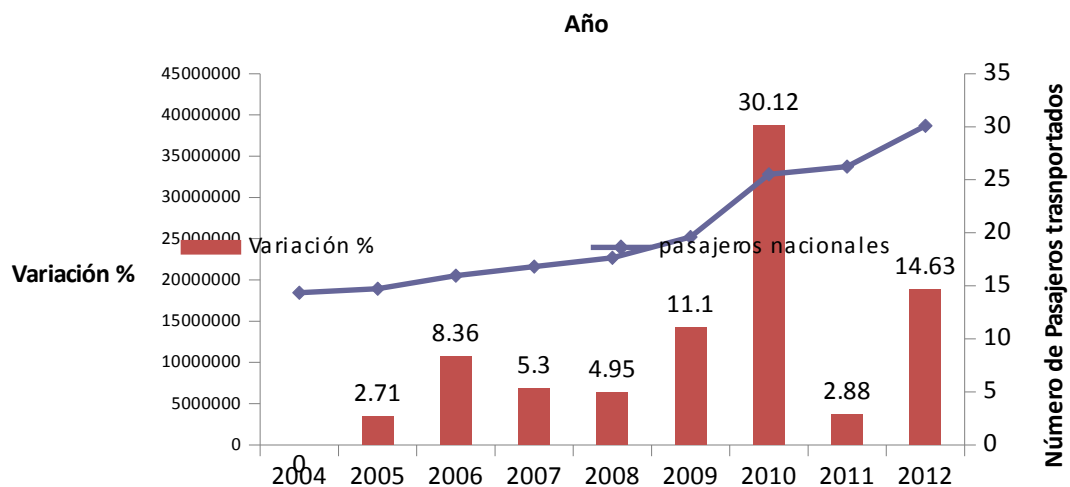
Gráfico No. 8  
Distribución del tráfico aéreo en América Latina de pasajeros – kilómetro transportado, 2009





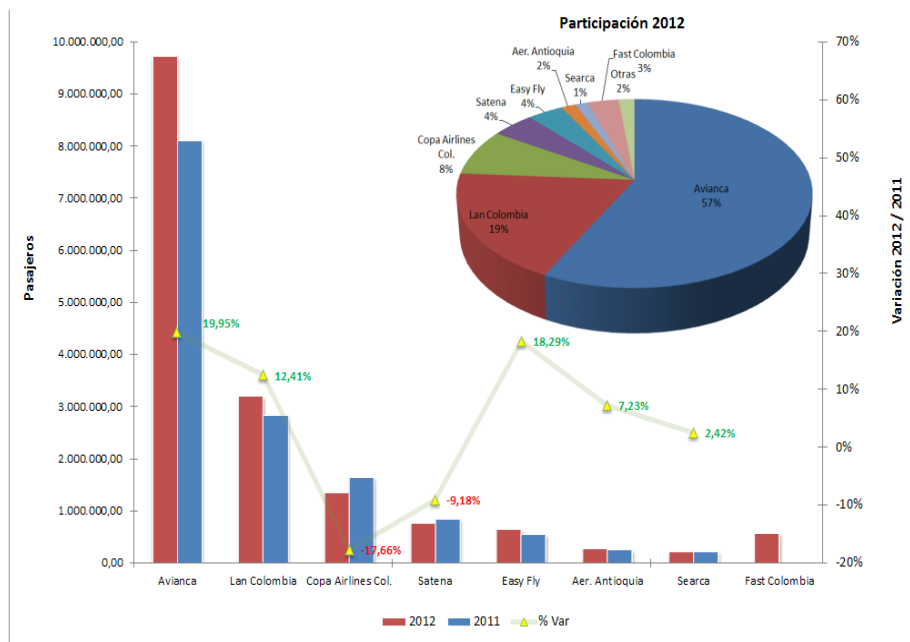
Fuente: Cálculos Fedesarrollo con base en datos de la Organización de Aviación Civil Internacional - OACI. Grafico de Olivera *et al.* (2011)

Gráfico No. 9  
Total de número de pasajeros transportados en Colombia



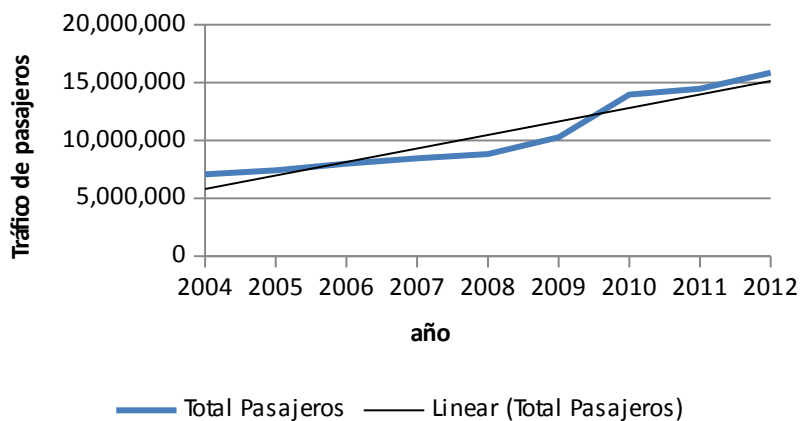
Fuente: Datos de la Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor

Gráfico No. 10  
Movimiento de pasajeros Nacionales por Aerolínea (2012)



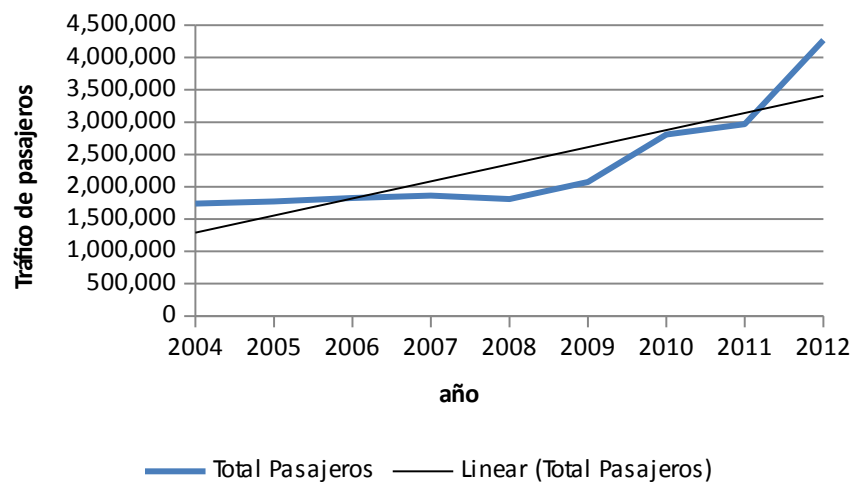
Fuente: gráfico de Aerocivil

Gráfico No. 11  
Movimiento de Pasajeros del Aeropuerto Intl. El Dorado



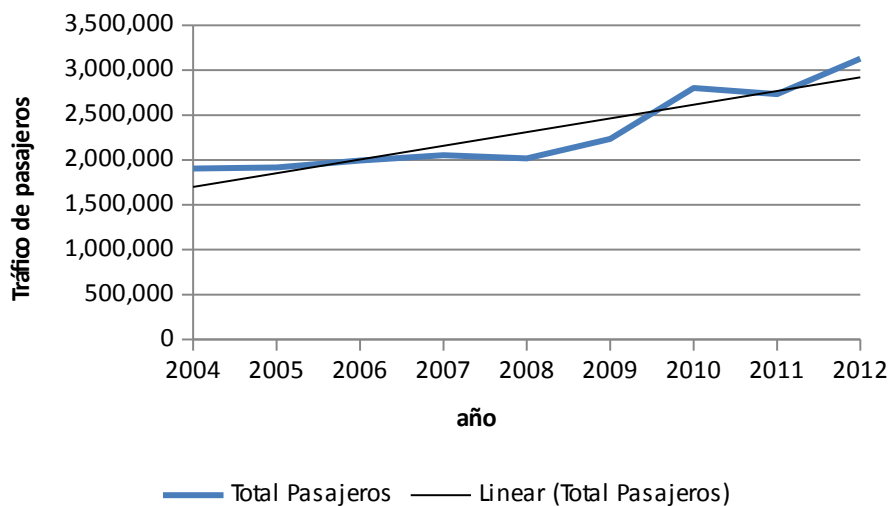
Fuente: Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor.

Gráfica No. 12  
Movimiento de Pasajeros del Aeropuerto Intl. José María Corcova



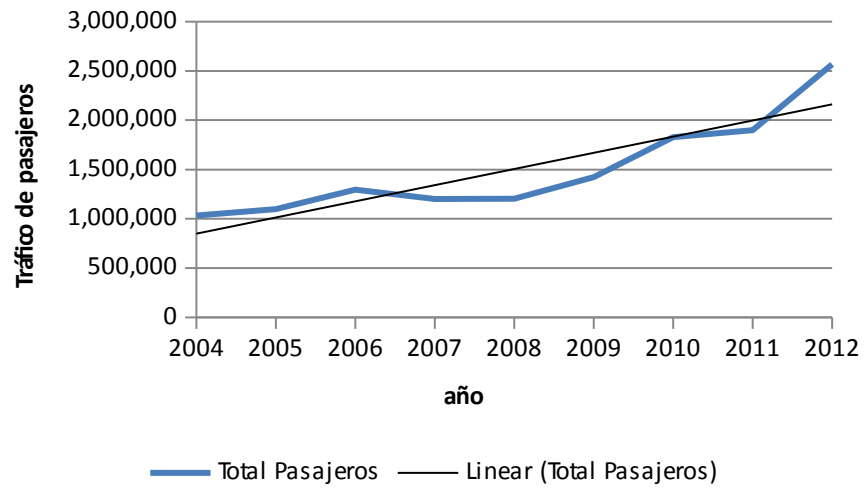
Fuente: Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor.

Gráfica No. 13  
Movimiento de Pasajeros del Aeropuerto Intl. Alfonso Bonilla Aragón



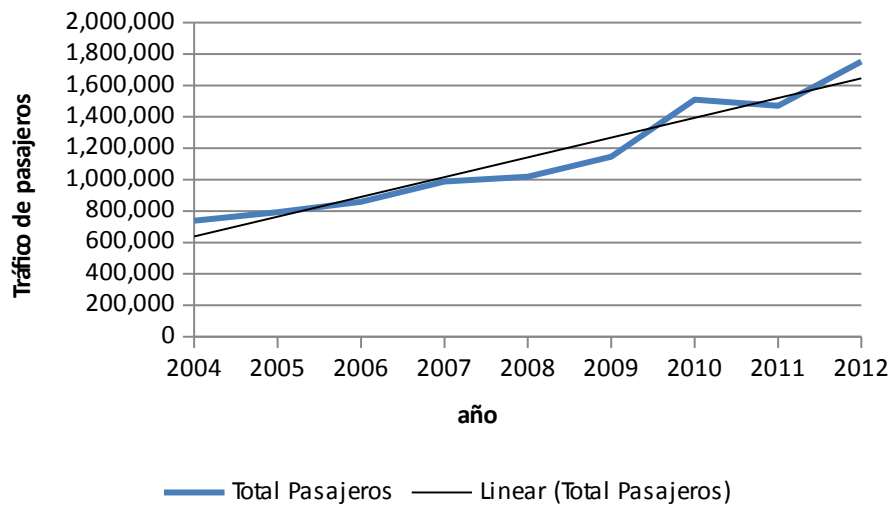
Fuente: Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor.

Gráfica No. 14  
Movimiento de Pasajeros del Aeropuerto Intl. Rafael Núñez



Fuente: Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor.

Gráfica No. 15  
Movimiento de Pasajeros del Aeropuerto Intl. Ernesto Cortissoz



Fuente: Aerocivil. Gráfico elaborado por el autor